



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

# FLORE

## Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Recupero, nuove costruzioni e risparmio energetico. Raccolta di casi studio. Capitolo 5**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Recupero, nuove costruzioni e risparmio energetico. Raccolta di casi studio. Capitolo 5 / L.Ceccherini Nelli.  
- STAMPA. - (2010), pp. 169-272.

*Availability:*

This version is available at: 2158/713926 since:

*Publisher:*

Se Sistemi editoriali

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze  
(<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

Progettazione ecologica  
a cura di **Gianni Scudo** e **Mario Grosso**

## **Architettura sostenibile**

Paola  
**Gallo**

# **Recupero bioclimatico edilizio e urbano**

## **Strumenti, tecniche e casi studio**

**II Edizione**

sistemi editoriali **Se**<sup>®</sup>

Professionisti, tecnici e imprese  
Gruppo Editoriale **Esselibri - Simone**

Copyright © 2010 Esselibri S.p.A.  
Via F. Russo, 33/D  
80123 Napoli

Tutti i diritti riservati  
È vietata la riproduzione anche parziale  
e con qualsiasi mezzo senza l'autorizzazione  
scritta dell'editore.

Per citazioni e illustrazioni di competenza altrui, riprodotte in questo libro, l'editore è a disposizione degli aventi diritto. L'editore provvederà, altresì, alle opportune correzioni nel caso di errori e/o omissioni a seguito della segnalazione degli interessati.

Prima edizione: settembre 2010  
AS1 - Recupero bioclimatico, edilizio e urbano  
ISBN 978-88-513-0661-8

Ristampe											
8	7	6	5	4	3	2	1	2010	2011	2012	2013

Questo volume è stato stampato presso:  
Arti Grafiche Italo Cernia  
Via Capri, 67 - Casoria (NA)

**sistemi** editoriali 

**Professionisti, tecnici e imprese**  
Gruppo Editoriale **Esselibri - Simone**

[www.sistemieditoriali.it](http://www.sistemieditoriali.it)

Per conoscere le nostre novità editoriali consulta il sito internet:  
[www.sistemieditoriali.it](http://www.sistemieditoriali.it)

Coordinamento redazionale: Rina Agostino.

## ■ Prefazione

Recuperare, migliorare l'efficienza degli edifici esistenti, adeguarli alle nuove funzioni, ridurre i consumi energetici, ma anche mettere a norma gli impianti, aumentare la sicurezza e la salubrità delle abitazioni, la resistenza al rischio sismico... sono questi i temi che impegneranno maggiormente architetti e imprese nel prossimo futuro, anche in considerazione della saturazione del mercato edilizio e della minore richiesta di nuove costruzioni.

È vero che rimangono ancora fasce di utenza che non trovano risposta alle esigenze di avere una casa, ma il problema è prevalentemente di natura economica e si scontra con la mancanza di politiche efficaci per l'edilizia residenziale pubblica e di adeguati finanziamenti.

Nonostante l'Italia sia fra le nazioni più ricche e industrializzate e che dalle distruzioni dell'ultima guerra siano passati ormai 65 anni, non siamo in grado di assicurare un alloggio alle fasce più deboli della popolazione, malgrado le statistiche ci indichino come il paese dove sette famiglie su dieci vivono in una casa di proprietà, (come riporta un recente dossier dell'Istituto Nazionale di Statistica, basato sui dati aggiornati all'anno 2008<sup>1</sup>).

Secondo questo rapporto risulta che oltre il 75% delle famiglie risiede in immobili costruiti prima del 1990, mentre circa il 17% in quelli precedenti al 1950: da questi dati emerge quindi che la necessità di adeguamento degli edifici è un problema che riguarda la maggior parte delle famiglie italiane.

L'indagine rileva anche che le abitazioni costruite dal 1990 al 2008 sono maggiormente frequenti nei comuni delle periferie metropolitane (18,5%) e nei comuni al di sotto dei 50.000 abitanti (18,3%), evidenziando come la pressione demografica abbia trovato risposta nelle aree urbanisticamente meno sature del territorio e come i centri delle aree metropolitane e i comuni di maggiori dimensioni non abbiano conosciuto un significativo rinnovamento del proprio patrimonio immobiliare.

L'aspetto che ci interessa sottolineare è però quello della qualità media delle abitazioni: l'indagine infatti rileva i problemi di degrado degli immobili e le più frequenti patologie edilizie riscontrate, che comprendono anche gravi carenze, come la presenza di strutture danneggiate (tetti, soffitti, finestre o pavimenti, pari al 10,3%), la presenza di umidità nei muri, nei pavimenti, nei soffitti o nelle fondamenta (16,5%) o la scarsa luminosità (8,8%).

<sup>1</sup> "L'abitazione delle famiglie residenti in Italia" Comunicato Stampa Istat, Periodo di riferimento: Anno 2008, diffuso il 26 febbraio 2010.



L'indagine non si è occupata anche dell'efficienza energetica, ma sappiamo benissimo come la bassa qualità e l'alto livello dei consumi energetici degli edifici, in particolare di quelli costruiti dopo il 1945, incidono in modo rilevante sul bilancio delle famiglie. Nel 2008 le spese per l'abitazione (condominio, riscaldamento, gas, acqua, altri servizi, manutenzione ordinaria, elettricità, telefono, affitto, interessi passivi sul mutuo) costituiscono una delle voci principali del bilancio familiare. Una famiglia spende in media 347,00 euro mensili, a fronte di un reddito netto di 2.465,00 euro mensili nell'anno solare precedente. Ne risulta che l'incidenza delle spese per l'abitazione sul reddito è pari al 9% per le famiglie più ricche e al 30,5% per quelle più povere (in particolare, le famiglie che vivono in affitto).

Se dal panorama dell'edilizia residenziale passiamo a considerare le condizioni degli edifici pubblici i dati sono ancora più allarmanti, in quanto l'età media di scuole, ospedali, uffici in genere è collocata spesso in quella fascia temporale che presenta minore qualità edilizia e maggiori consumi energetici.

Ristrutturare (che è operazione diversa dal restaurare, ma anche dalla nuova edificazione) è dunque un ambito di grande interesse disciplinare e di interesse economico e sociale, oltre che un campo di attività promettente per professionisti e imprese.

Un settore non facile, dove alle competenze architettoniche e tecnologiche tradizionali va aggiunta la capacità di integrare elementi innovativi e nuovi materiali e tecnologie, con un approccio metodologico che da un lato deve prendere in considerazione la comprensione dell'edificio originario e la sua valorizzazione, senza stravolgerne le caratteristiche e il contesto ambientale e architettonico, dall'altro deve portarne le prestazioni a quei livelli di comfort e di sicurezza che le aspettative dell'utenza e le normative vigenti oggi impongono.

Se poi guardiamo il problema dal punto di vista della riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, secondo gli impegni sottoscritti anche dal nostro Paese, vediamo che gli edifici esistenti saranno responsabili, nei prossimi anni, di circa il 98% delle emissioni attribuite al comparto edilizio, che nel nostro paese si attesta ancora nel 40% del totale. Inoltre le nuove edificazioni, peraltro limitate nel numero dalla situazione di stagnazione del settore, sono oggi sottoposte a normative di contenimento energetico molto più efficaci e cogenti, per cui saranno responsabili in futuro di minori emissioni di CO<sub>2</sub>: dunque il reale problema per ridurre efficacemente le emissioni e contenere i consumi energetici è ancora una volta quello di intervenire sugli edifici esistenti.

Se consideriamo il problema della riabilitazione degli edifici esistenti e della riduzione dei consumi energetici anche alla luce dei moderni concetti di comfort nel clima mediterraneo, vediamo che da un punto di vista di sostenibilità ambientale, spesso conviene valorizzare le caratteristiche degli edifici esistenti,

specie se tradizionali, ed estendere il periodo temporale nel quale gli spazi interni non hanno bisogno di essere né riscaldati né raffrescati.

Nei climi temperati mediterranei infatti questo periodo di tempo, che genericamente si fa corrispondere alle stagioni intermedie, primavera ed autunno, può estendersi notevolmente, in particolare se l'involucro dell'edificio ed i suoi componenti sono ottimizzati per questo scopo.

Questo concetto si basa su due principi fondamentali: la possibilità dell'involucro edilizio di modificare le sue prestazioni attraverso l'uso di componenti dinamici integrati (variando le possibilità di ventilazione e di schermatura della radiazione) e il principio del "comfort adattivo", per cui le condizioni interne di benessere non vengono considerate secondo i rigidi codici ASHRAE ma come condizioni ambientali naturali con una maggiore fluttuazione delle temperature, che vengono appunto tollerate dagli occupanti attraverso comportamenti personali di adattamento climatico e con la regolazione volontaria dei sistemi dinamici integrati nell'involucro (finestre, persiane, tende, frangisole, ecc. ).

La regolazione delle prestazioni dell'involucro costituisce infatti il primo sistema di adattamento dell'edificio al clima, prima di ricorrere ai sistemi impiantistici correttivi di cui l'edificio è sempre dotato: la sostenibilità è un concetto più ampio del solo problema energetico, anche se spesso, nella percezione di molti, questi problemi tendono a sovrapporsi.

La sostenibilità è un concetto dove concorrono una pluralità di fattori e di considerazioni che l'architetto ha il difficile compito di armonizzare, utilizzando competenze di diversa provenienza, e ricorrendo a diversi specialisti. Sarebbe veramente riduttivo pensare che tutto si riduca a valutare gli edifici in base al loro consumo, anche se espresso in kW/h/mq anno, e assegnando un punteggio o una bandierina, come sta spesso accadendo all'interno di un'ottica commerciale, questa sì, legata ai valori del consumismo piuttosto che a quelli dell'ambiente...

Questo libro vuole presentare una visione "integrata" dei problemi del recupero, che non si fermi ai soli aspetti bioclimatici ma si apra alle considerazioni di sostenibilità ambientale in senso lato ed alle condizioni reali di quello che viene pomposamente definito il "patrimonio edilizio esistente", ma che, se non si interviene in modo ampio e competente, rischia di svalutarsi e di perdere il suo valore.

*Marco Sala*



## ■ Introduzione

La funzione primaria dell'involucro di protezione dagli agenti esterni è stata affiancata dal compito di modularne le condizioni in maniera da creare all'interno degli edifici ambienti più confortevoli; compito che è stato svolto nel tempo dall'**involucro**, che si differenziava in relazione alle condizioni climatiche del contesto.

La ventata di "folia progettuale", scatenata dall'improvvisa libertà espressiva resa possibile dalla disponibilità di nuovi materiali messi in opera da tecnologie innovative e dalla errata valutazione di illimitata disponibilità energetica, ha però trasformato nei secoli la disciplina architettonica da *"sintesi fra l'utile e il bello in sola espressione estetica"*<sup>1</sup>.

Il nostro secolo ci ha resi testimoni di una involuzione tecnologica del costruito, caratterizzata dalla perdita di tutte le connessioni con l'ambiente fisico che l'involucro edilizio aveva acquisito nel tempo, restituendogli la sola funzione di "guscio protettivo", che ha reso così le opere di architettura, anzi la totalità dell'ambiente costruito, esclusivamente *"veicoli di segni"*<sup>2</sup>.

Siamo quindi oggi a gestire un patrimonio immobiliare del tutto carente dal punto di vista della qualità tecnica, tecnologica, energetica e senza dimenticare quella funzionale e morfologica; inoltre per anni si è continuato a costruire senza pensare alle conseguenze che l'azione dell'edificare potesse indurre sull'ambiente. Ci troviamo ora a far fronte ad edifici obsoleti, inadeguati a garantire le condizioni di comfort (molto spesso anche le minime) per i quali sarebbero necessari continui e a volte ingenti ed antieconomici interventi di adeguamento. La tendenza Europea però indica al 40% circa le previsioni degli investimenti nel settore del recupero; settore che acquisterà sempre maggior importanza nei prossimi anni a venire. Secondo quanto previsto, la riqualificazione degli edifici esistenti presenta un potenziale particolarmente elevato se si calcola che circa l'1-2% degli edifici viene ristrutturato ogni anno.

Il patrimonio edilizio esistente costituisce la parte predominante del costruito delle nostre città e, soprattutto quando si parla di edilizia del passato, rappresenta una vera e propria identificazione storica e culturale con il proprio ambiente. Ciò comporta che, laddove sia necessario (condizioni di obsolescenza qualitativa) e soprattutto fattibile dal punto di vista economico, il recupero degli edifici esistenti costituisce un'opportunità per il miglioramento qualitativo (non solo strutturale, ma anche tecnologico e ambientale) contribuendo alla valorizzazione del "ritrovato" legame degli edifici con l'ambiente di cui essi fanno

1 F.M. Butera, *Dalla caverna alla casa ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano, 2007.

2 T. Maldonado, *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, 1987.

parte. È dunque logico, da un punto di vista economico e operativo, attuare in particolare le adeguate misure di risparmio energetico nel momento in cui un edificio viene sottoposto ad opera di riqualificazione; dato il lungo ciclo di vita degli edifici infatti, la mancata opportunità potrà presentarsi presumibilmente solo dopo molti anni.

Se parliamo poi di **energia**, seguendo gli obiettivi proposti dall'Unione Europea per il prossimo futuro, il nostro paese deve impegnarsi ad aumentare la propria produzione proveniente da fonti rinnovabili fino al 17% (a partire dall'attuale 5,2); ciò significa produrre almeno 22,5 Mtep (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio) agendo sulle principali voci dei consumi energetici: elettricità, calore, raffrescamento, biocarburanti<sup>3</sup>. Da ciò, escludendo l'ultima voce che poco si addice al settore delle costruzioni, si percepisce quanto è importante affrontare la politica di integrazione, nell'edilizia, di tecnologie per lo sfruttamento delle risorse rinnovabili sia su quella di nuova generazione ma principalmente in occasione degli interventi di recupero.

Purtroppo questa sentita necessità si scontra ancora con l'incapacità di raggiungere tali obiettivi senza le difficoltà (tecniche, economiche, procedurali, ...) di percorsi troppo macchinosi, affinché questa pratica delle cose venga percepita come la pratica corrente negli interventi di riqualificazione dell'esistente, sia a scala urbana che edilizia.

Molti, infatti, sono ancora gli aspetti che fanno della riqualificazione in chiave energetica una pratica complessa, a partire da quelli strettamente tecnici che seppur supportati dalle tecnologie consolidate che ne semplificano la complessità, rimangono ancora irrisolti a vari livelli. Si evidenziano, infatti, notevoli difficoltà nella conoscenza dei dati tecnici e soprattutto nella raccolta degli elementi sulla qualità energetica degli edifici. La creazione di simili archivi risulterebbe invece utile supporto per conoscere ed elaborare, attraverso semplici indicatori estrapolati utilizzando i dati disponibili (ad esempio il rapporto tra il consumo energetico di un edificio e la sua superficie utile), ai fini di una valutazione globale, il patrimonio edilizio esistente.

Se però ci si riferisce alla **scala urbanistica**, l'aspetto critico è quello gestionale. La pianificazione degli interventi di riqualificazione energetica può garantire importanti risultati solo se parallelamente vengono presi in considerazione anche tali aspetti.

È ormai evidente la necessità, ad ogni scala di intervento, di una struttura di **energy management**, con un forte valore aggiunto di natura tecnica che dovrebbe provvedere a svolgere il ruolo di formare le maestranze tecniche che operano nel settore sia privato che pubblico, creando un osservatorio per monitorare le misure attuate, unitamente alla divulgazione delle migliori prassi al fine di

---

<sup>3</sup> Dal rapporto di Legambiente del 2010 sullo stato di salute del Paese.

informare tutte le parti interessate (cittadini, amministratori, imprenditori, committenti, tecnici, ecc.). Ruolo che svolgono le innumerevoli agenzie energetiche locali, che non sempre però riescono a imporsi sul territorio quale veicolo cruciale per la definizione e la gestione di una strategia efficace al fine di promuovere il risparmio energetico nel patrimonio edilizio esistente.

La convenienza economica nella programmazione degli interventi di riqualificazione energetica negli edifici sui quali sono già in corso o sono previste opere di ristrutturazione o manutenzione, risulta comunque essere l'aspetto più vantaggioso di queste operazioni, anche se questo approccio, sebbene sia conveniente, implica comunque dei costi aggiuntivi e per questo motivo occorre reperire le necessarie risorse finanziarie. Le normative europee e nazionali hanno promosso modalità vantaggiose per ottenere sgravi fiscali e/o incentivi (pensiamo alla riduzione fiscale parziale, prevista per le misure di riqualificazione energetica quali l'isolamento, impianti solari termici, ecc.) fino alla possibilità di vendere i Titoli di Efficienza Energetica, al fine di avere una copertura, almeno parziale, dei costi. Ciò non implica aver raggiunto buoni traguardi poiché siamo ancora lontani dagli impegni economici necessari affinché tale pratica diventi effettivamente vantaggiosa e solleciti un mercato ancora poco attento in questo settore.

Questo libro, secondo tali premesse, si pone l'obiettivo di porre l'attenzione sulle notevoli prospettive che gli interventi sul patrimonio costruito in chiave bioclimatica possono avere sulle trasformazioni urbane, e tenta di dimostrare come le opportunità di riqualificazione energetica nella pratica del costruire (se effettuate con un approccio globale), possano contribuire all'elaborazione di nuove strategie che portino a politiche di intervento più incisive in questo settore, ma soprattutto più consapevoli nei confronti dell'ambiente in cui si opera.

*Paola Gallo*



# ■ 1 Riqualificazione bioenergetica e ambientale dei sistemi insediativi. Obiettivi, strategie, modalità di intervento

## Parte Prima

### 1.1 L'approccio concettuale e gli scenari del progetto sostenibile

La trasformazione sostenibile dell'ambiente urbano è, secondo una definizione consolidata, un processo di cambiamento dell'ambiente costruito che promuove lo sviluppo economico, pur salvaguardando la salute dei singoli, della società e dell'ecosistema; una modalità di progresso che non pregiudica la salute e le risorse delle generazioni future; in definitiva un processo collettivo, democraticamente partecipato, attraverso cui l'ambiente costruito raggiunge nuovi livelli di equilibrio ecologico compatibile.

Nell'ultimo decennio il tema della "sostenibilità" ha raggiunto un tal grado di diffusione, sia nel pensiero comune che nel linguaggio tecnico, che potrebbe apparire ridondante, e in qualche modo inutile, continuare ad associare l'aggettivo "sostenibile" al termine "progetto"; quest'ultimo, infatti, in funzione della sua natura di strumento di prefigurazione e controllo delle trasformazioni in senso migliorativo della realtà data, dovrebbe comprendere al proprio interno tale concetto. Purtroppo alla diffusione del termine non è ancora corrisposta una sua adeguata applicazione e, visti i dati relativi al progressivo degrado dell'ambiente, ai cambiamenti climatici e al depauperamento delle risorse, in particolare quelle energetiche, gli sforzi che i governi si sono impegnati a compiere (Protocollo di Kyoto) per invertire le tendenze negative in atto, sembrano molto onerosi se non insufficienti.

In virtù di queste considerazioni è quindi sempre più importante sottolineare il concetto di sostenibilità, specificandolo meglio nei suoi contenuti fondativi e arricchendolo di ulteriori concetti fondamentali e, in un certo senso, più restrittivi rispetto alla dizione originaria, come le nozioni di "sviluppo locale auto sostenibile" ed "eco-compatibilità". Esse, se da un lato forniscono una chiave interpretativa maggiormente focalizzata sulla dimensione applicativa degli interventi, dall'altro mettono in luce le fondamentali implicazioni legate a tematiche strategiche, come quelle della partecipazione sociale e, più in generale, dell'aderenza degli interventi progettuali alle specificità dei luoghi.

Interrogarsi oggi sul significato etico, tecnico e procedurale, nell'ambito dei processi di nuova edificazione, nella progettazione dell'esistente, nel recupero e riqualificazione a livello edilizio e urbano, rimanda inevitabilmente alle mutate ed ampliate condizioni di operatività e di maggiore consapevolezza richieste oggi al progettista.



Negli ultimi anni gli abitanti delle città e i cosiddetti “utenti” hanno innalzato il loro livello di sensibilizzazione e incrementato le loro aspettative, modificando costumi, bisogni ed interessi, secondo un’accelerazione sottovalutata in passato che le nuove forme di comunicazione e di coinvolgimento nei processi partecipativi hanno riportato in tutta evidenza e che può essere interpretata come una nuova e maggiormente articolata “domanda di qualità”, orientata in modo specifico sui temi della “salute”, “sicurezza”, “ambiente”.

Dal lato della *Governance* pubblica il sistema di documenti, norme e direttive comunitarie, nazionali e locali (Kyoto I e II, direttive UE, sistemi di incentivazione delle energie rinnovabili e del risparmio energetico, piani energetici, normativa sulla certificazione energetica, piani regolatori, regolamenti edilizi innovativi ecc.) elaborate per rispondere al continuo aumento dei costi delle fonti di approvvigionamento energetico tradizionali, insieme alla rilevazione dell’aumentato interesse verso la cultura dell’abitare (in termini di comfort, qualità dell’aria, risparmio energetico, rispetto dell’ambiente, controllo dell’inquinamento e delle emissioni nocive), pongono il tema dell’eco-efficienza delle costruzioni edilizie e della riqualificazione energetico-ambientale urbana al centro dell’agenda politica.

L’attuazione delle politiche ambientali, che potremmo definire di “seconda generazione”, dopo una prima fase di messa a punto, conduce ad una ri-programmazione delle modalità di progettazione delle attività e delle fasi produttive dell’industria edilizia ed energetica, nonché alla modificazione ed innovazione di processi e prodotti, cui si richiedono standard di eco-compatibilità più elevati, innescando dinamiche che coinvolgono inevitabilmente tutti i livelli di sviluppo, (dal prodotto industriale alla programmazione, realizzazione e gestione degli insediamenti umani) e del necessario apparato tecnologico e infrastrutturale di supporto, secondo un ciclo auspicabilmente virtuoso.

Appare dunque ormai acquisito il concetto di sostenibilità degli interventi sul sistema edilizio, urbano e ambientale, come fattore capace di incrementare e ottimizzare il rapporto tra il **valore**, inteso come sommatoria degli impatti positivi dell’opera (in termini di funzionalità, estetica, qualità architettonica, tutela del paesaggio e dell’ambiente, priorità degli aspetti culturali, sociali ed economici indotti) e il **costo globale**, inteso come somma dei costi di costruzione, manutenzione e gestione nel tempo, dismissione e riuso dell’opera.

Si delinea, quindi, la necessità di una diversa e complessa concezione del progetto quale espressione della cultura responsabile della trasformazione, che nasce dal pensare al problema ambientale in termini di qualità dell’architettura, di eco-efficienza dei sistemi insediativi e arte del costruire sostenibile.

Affrontare il tema generale della **qualità** significa adottare un approccio metodologico e scientifico estensivo, attraverso cui ri-definire principi, strumenti e tecniche del processo programmatico, progettuale ed attuativo. Secondo questa

concezione la qualità ambientale si delinea attraverso due fondamentali vettori di ricerca, strettamente interrelati, ma chiaramente riconoscibili:

1. l'esplorazione e l'indagine nei confronti della difficile questione delle modalità tecniche di realizzazione attraverso le varie fasi del processo edilizio, affinché la codifica delle stesse modalità possa costituire la base per l'elaborazione di strumenti flessibili di guida e supporto al progettista;
2. la qualità architettonica e urbana, il controllo prestazionale del progetto a livello morfologico, tipologico, tecnologico e impiantistico, con particolare riferimento alla questione energetica (e alla conseguente riduzione dell'inquinamento), attraverso l'impiego innovativo di tecnologie e involucri intelligenti, di componenti e materiali ecocompatibili ai fini del miglioramento delle condizioni generali di comfort e di salubrità dell'ambiente costruito.

Queste esigenze determinano in larga misura i tratti distintivi degli scenari di medio-lungo periodo e spingono i soggetti coinvolti - progettisti, tecnici, amministratori, imprenditori, utenti - ad un impegno etico comune e ad affrontare nuove sfide, riguardo la programmazione, la gestione tecnico-amministrativa, la pratica del progetto, la formazione, la comunicazione, nella fiducia che ciò possa contribuire, almeno in parte, alla invenzione/costruzione di un futuro sostenibile. Allo stato attuale l'evoluzione di tecniche e tecnologie, nonché di strategie e metodologie operative, permette di individuare nella "*progettualità*", in senso evoluto e responsabile, la risposta più conveniente e concreta alle problematiche ambientali: si analizzano le condizioni di stato iniziale dell'ambiente; si prefigurano obiettivi di trasformazione, miglioramento, ottimizzazione; si definiscono le strategie necessarie per raggiungerli; si delineano le linee programmatiche per la gestione delle condizioni e delle configurazioni attuate. Il tutto supportato da uno **scenario tecnologico** che oggi è in grado di proporre soluzioni innovative, alternative sia in termini di consumo di risorse (utilizzo delle energie rinnovabili in luogo di quelle esauribili), sia in relazione alle proprie specifiche modalità d'uso (tecnologie e sistemi per il miglioramento dell'efficienza e delle prestazioni fisico-ambientali del costruito senza aumento dei consumi energetici e spreco di risorse). Negli ultimi anni la ricerca nel campo dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili ha conosciuto, infatti, uno sviluppo esplosivo, con l'introduzione, nel mercato, di varie ed innovative tecnologie mentre, per quelle consolidate, si vedono ridurre notevolmente i costi. A questo riguardo, si possono citare le innovazioni nel campo della *tri-generazione* (produzione combinata di elettricità-calore-freddo), il *raffrescamento solare*, l'innovazione nel campo dei combustibili da materie prime rinnovabili, (come nel caso dei biogas da rifiuti organici o degli oli dalle alghe), i componenti edilizi di involucro ad altissime prestazioni termiche, i software di simulazione del comportamento energetico dinamico degli edifici (per il supporto alla progettazione dei sistemi "passivi").

Nell'ambito delle linee di ricerca e sperimentazione, molte sono le problematiche riferibili al binomio **Sostenibilità/Ambiente** che possono divenire strategiche in una dimensione e in una prospettiva di scenario. Prima di procedere ad una loro elencazione è necessario sfrondare il campo da talune interpretazioni tese a confinare il tema del progetto, dei processi e degli strumenti di governo delle trasformazioni, entro una generica concezione "ecologico-ambientalista", che privilegia in modo unidirezionale gli aspetti della conservazione (più che quelli della tutela e della salvaguardia dell'ambiente) e sacrifica, conseguentemente, il progetto e le tecnologie, che ne costituiscono il veicolo principe nella concreta realizzazione degli interventi e dei processi tecnico-attuativi correlati. Si tratta di atteggiamenti sostanzialmente incapaci di procedere ad una declinazione della nozione di progetto "consapevole" (*responsive design*) secondo un'accezione più complessa ed estensiva, vanificando così le formidabili potenzialità di intervento sui molteplici campi di applicazione sopra accennati, cui il nostro settore disciplinare è chiamato a rispondere (com'è del resto chiaramente identificabile nei contenuti e negli indirizzi della Commissione Europea nel "VII Programma Quadro di attività comunitarie di ricerca, sviluppo tecnologico e dimostrazione", nella Piattaforma Tecnologica ECTP e nelle più recenti Direttive Comunitarie orientate ad assicurare la "sostenibilità globale" degli interventi).

È chiaro invece che, se le tecnologie innovative garantiscono le speranze di rigenerazione e di rinnovamento del fare architettura (e più in generale di trasformazione consapevole e controllata del territorio e dell'ambiente) lo sviluppo della modalità di *Progetto Sostenibile* non deve confondersi, come spesso avviene, con la meccanicistica introduzione a valle del processo di elaborazione progettuale di sistemi e dispositivi tecnologici e impiantistici, relegando ad una verifica ex-post il controllo degli effetti sull'ambiente naturale e/o antropizzato e la misura delle prestazioni.

Alla luce di queste considerazioni la questione del **metodo** risulta fondamentale, in quanto impedisce che la dimensione puramente "tecnicistica", di mera applicazione di componenti edilizi, materiali ed impianti, prevalga sulla corretta progettazione integrata di forma e soluzioni tecnologiche.

La concezione "sostenibile" del progetto si basa su un approfondimento preliminare indirizzato alla conoscenza puntuale delle condizioni di luogo e di contesto ed include la sfera dei fattori sociali, culturali, economici, oltre che ambientali, determinando vincoli e potenzialità; guarda ai bisogni e alle esigenze dell'utenza, li integra con gli obiettivi e le aspettative della committenza, ne ricava un sistema complesso di requisiti che dà vita ad indirizzi strategici di guida alla fase progettuale vera e propria.

Nella **progettazione sostenibile** è inoltre importante raggiungere una piena integrazione degli apporti multi- e trans-disciplinari, contribuendo non solo alla diffusione delle conoscenze e alla formazione di adeguate professionalità, ma ponendo il progettista quale interlocutore privilegiato nei processi di analisi, controllo e valutazione. È in ultima analisi al *progetto* che spetta la capacità di "ri-comporre"

organicamente le questioni in gioco, cogliendo le opportunità concretamente operabili, stabilendo priorità e correlazioni, sequenzialità e interazioni controllate, adottando idonei strumenti di analisi/valutazione, operando scelte appropriate e condivise, dalle fasi previsionali a quelle di verifica e monitoraggio, secondo una logica ed una processualità corrispondente ed adeguata a tale complessità.

Il ruolo della ricerca è dunque fondamentale, in quanto permette di approfondire linee strategiche orientate a ottimizzare le metodologie operative del progetto insieme alle nuove tecnologie e ai relativi campi di applicazione.

I campi di maggiore interesse alla luce delle esigenze attuali possono essere:

- la sostenibilità, l'efficienza energetica e ambientale dell'assetto fisico-morfologico e organizzativo dei complessi insediativi, dei comparti edilizi e degli edifici;
- il recupero e la riqualificazione di aree degradate urbane e peri-urbane in chiave sostenibile definibile come "Retrofitting urbano";
- la progettazione, la gestione e manutenzione del patrimonio edilizio esistente attraverso l'adeguamento bio-energetico e ambientale dei manufatti architettonici di recente e più antica datazione;



Fig. 1.1 "Città dell'Arte e della Musica, tra riqualificazione ambientale dell'area urbana ed ecoefficienza dell'architettura nelle ex-cave di Lecce", Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale, AA 2004-2005 . Relatore: Fabrizio Orlandi. Correlatore: Monica Sgandurra. Laureanda: Martina Risi.

- la sperimentazione e l'impiego di tecnologie, componenti edilizi e materiali da costruzione, capaci di caratterizzare in senso innovativo le prestazioni di alcuni elementi-chiave dell'organismo edilizio, in termini di qualità architettonica, durabilità, sicurezza, resistenza agli agenti esterni, caratteristiche termoigrometriche, ventilazione e daylighting, per ottimizzare attraverso la "pelle" dell'edificio l'interrelazione tra spazio confinato e condizioni e fattori ambientali esterni;
- l'elaborazione di strumenti di analisi/valutazione quali/quantitativa in chiave prestazionale dell'ambiente costruito (assetti, manufatti, componenti e materiali) nei processi di validazione e certificazione richiesti a livello normativo;
- la sperimentazione nel campo della generazione distribuita dell'energia con i nuovi modelli a rete di produzione e distribuzione energetica, nonché l'integrazione degli stessi nell'assetto costruito attraverso la realizzazione di piccoli e medi impianti di cogenerazione e trigenerazione da fonti rinnovabili (integrazione microeolico-solare-biomasse), strutturati in nodi di reti energetiche a livello urbano, di quartiere o di complessi edilizi.

Sono inoltre rilevanti le questioni del comfort, della salubrità e dell'igiene degli spazi abitativi interni ed esterni, ed il coinvolgimento partecipativo degli utenti, che rimandano alla più ampia e fondamentale nozione di "qualità" a tutto campo, nella consapevolezza che tutti gli aspetti enunciati concorrono in varia misura al perseguimento di **qualità globale dello spazio e delle forme dell'abitare**.

## 1.2 Recupero e riqualificazione a livello insediativo/urbano

Le elaborazioni scientifiche condotte a livello mondiale e i più recenti dati relativi al monitoraggio dei consumi energetici globali sono eloquenti: secondo UN-Habitat, il programma delle Nazioni Unite per gli insediamenti umani, le aree urbane consumano, direttamente ed indirettamente, il 75% dell'energia totale e sono responsabili dell'80% delle emissioni di gas climalteranti. In Italia il consumo energetico per la climatizzazione degli edifici è in continuo aumento, responsabile di quasi il 40% dei consumi generali, con un preoccupante aumento esponenziale dei consumi per la climatizzazione estiva (Fonte: ENEA). A fronte di questi dati, è possibile mettere in luce due principali implicazioni di carattere operativo:

- il ruolo strategico ricoperto dal patrimonio edilizio esistente nei confronti della questione energetica ed ambientale, per la consistenza dell'impatto ambientale attuale e per le conseguenti grandi potenzialità di inversione di tendenza, anche relativamente alle attuali dinamiche di consumo di territorio da parte dei nuovi insediamenti;
- un approccio più forte, finalizzato alla trasformazione delle città, o delle porzioni di città, che incida in modo coordinato su tutti i diversi fattori critici e sfrutti tutte le potenzialità locali disponibili.



*Riqualificazione bio-energetica ed ambientale urbana* significa promuovere la trasformazione in chiave sostenibile e soprattutto ecocompatibile dell'ambiente urbano inteso in senso sistemico (**Ecosistema Urbano**), come un insieme strutturato di fattori ed elementi naturali ed artificiali interagenti in modo complesso tra loro, *sistema dissipativo* per definizione, ma potenzialmente e necessariamente riconvertibile in *sistema tendente allo stato omeostatico*<sup>1</sup>.

L'approccio eco-sistemico è quello che sta definitivamente affrancando l'intervento di recupero in chiave sostenibile da modalità di analisi e di azione circoscritte all'edificio, per dar luogo a metodologie complesse che vedono nel sistema insediativo l'oggetto di una progettazione ecologicamente efficiente. Intervenire nella città esistente, significa avere l'opportunità di riorganizzare la configurazione degli spazi aperti per ridurre il fenomeno "Isola di Calore"; predisporre interventi mirati e differenziati sugli edifici; modulare le interazioni costruito-vegetazione; approntare misure di mitigazione degli impatti; introdurre soluzioni per la "mobilità sostenibile"; predisporre impianti e reti integrate di auto-generazione di energia da fonte rinnovabile a livello di quartiere, nell'ottica di una "generazione distribuita" che trasforma porzioni di città da consumatrici in produttrici di energia ("isole/nodi energetici"). Questo ultimo aspetto viene considerato dalla comunità tecnico-scientifica come fondamentale per attuare quella che viene definita come una vera e propria rivoluzione nel campo della **generazione-distribuzione-fruizione** dei servizi energetici, in cui si abbandona il modello dei grandi impianti di produzione che distribuiscono in modo centralizzato e inefficiente energia agli utenti, per un modello di autoproduzione da fonte rinnovabile in cui gli utenti finali sono al tempo stesso produttori e utilizzatori. Dal punto di vista dell'efficacia, un approccio di livello insediativo, che non si limiti ad intervenire sui singoli edifici, garantisce risultati più elevati in termini di prestazioni, spesso con costi di investimento unitario contenuti, sia nel caso di committenza pubblica che privata.

Per ciò che riguarda le esperienze e le best practices di recupero energetico-ambientale di quartieri esistenti, esistono da tempo esempi di sperimentazioni di successo in molti paesi europei, mentre il quadro italiano è più recente, con alcuni progetti finanziati attraverso i bandi relativi ai cosiddetti "Contratti di Quartiere" I e II, i cui risultati necessiteranno di opportune verifiche ex-post<sup>2</sup>. A livello internazionale sono interessanti gli esempi raccolti nella ricerca RESHAPE, *Retrofitting Social Housing and Active Preparation for EPBD*, con progetti di edifici e complessi edilizi in Spagna, Olanda e paesi dell'Est europeo, in cui il

<sup>1</sup> Secondo la definizione di Prigogine, per sistema dissipativo si intende un sistema termodinamicamente aperto che lavora in uno stato lontano dall'equilibrio termodinamico scambiando con l'ambiente energia, materia e/o entropia. L'omeostasi è una condizione di stabilità dinamica, propria degli organismi viventi. Le "condizioni omeostatiche" rappresentano gli elementi della stabilità; le "reazioni omeostatiche" indicano i mezzi per mantenere la stabilità.

<sup>2</sup> Si veda ad esempio la nota esperienza del quartiere "Savonarola" di Padova.

tema del recupero dell'edilizia sociale è particolarmente stringente. Altri ulteriori interessanti spunti vengono offerti dai risultati della ricerca INOFIN, *Innovative Financing of Social Housing Refurbishment in Enlarged Europe*.

I “nuovi quartieri ecologici”, esito delle sperimentazioni condotte in molti paesi del Nord Europa (ad esempio i quartieri Ecolonia a Colonia, Kronsberg ad Hannover, Ecovikki a Helsinki, Reselfeld e Vauban a Friburgo, Solar City a Linz, Nieuwland ad Amersfoort) e in Italia (ad esempio San Polino a Brescia, Cognento a Modena, Borgo Solare a Ferrara, PEEP S. Egidio a Cesena) offrono invece un ricco repertorio di soluzioni utilizzabili come riferimento che, nel caso dei quartieri meno recenti, va ad intersecare i temi del recupero e della riqualificazione dell'edilizia esistente, delineando una casistica del comportamento nel tempo, con i criteri di gestione e manutenzione di soluzioni e tecnologie innovative per l'efficienza ambientale ed energetica.

### 1.3 Centralità della questione energetica

L'Energia deve essere considerata il parametro centrale e fondativo del concetto più ampio di sostenibilità ed *eco-efficienza*. Il tema energetico generale è attualmente considerato essenziale per le problematiche legate alla sostenibilità dello sviluppo (Agenda 21), alle prospettive di crescita economica<sup>3</sup>, agli equilibri politici internazionali e alla destabilizzazione degli equilibri ecologici globali (Protocollo di Kyoto) e locali. Dopo un periodo di “euforia energetica”, in cui si erano accantonate le preoccupazioni degli anni '70 relative all'imminente esaurimento dei giacimenti, molte istituzioni (IEA) oggi affermano la concreta possibilità di trovarsi già nella fase decrescente della capacità globale di produzione di petrolio. Per questo tutti i nuovi documenti programmatici comunitari, come il Programma “*Energia Intelligente per l'Europa*”, e il “*VII EU Research Framework Programme 2007-2013*”, pongono ancora una volta l'energia tra le aree tematiche più importanti, indirizzandosi sugli obiettivi dell'efficienza energetica e sullo sviluppo delle energie rinnovabili. Un ulteriore obiettivo fondamentale correlato all'energia è lo sviluppo della cosiddetta “generazione distribuita” che rivoluziona la modalità di produzione energetica passando dal modello centralizzato delle mega-centrali al modello a rete intelligente (*smart grid*), formato da un sistema diffuso di nodi di produzione e micro-produzione energetica, in cui edifici e quartieri passano dallo status di consumatori a quello di consumatori-produttori. Il modello di generazione distribuita permette inoltre di integrare in modo molto più efficiente le energie rinnovabili a livello urbano e territoriale.

<sup>3</sup> Si vedano ad esempio i recenti contributi di N. Georgescu Roengen *Bioeconomia: verso un'altra economia ecologicamente e socialmente sostenibile*, Torino 2003; Lester Brown, *Eco-economia: una nuova economia per la terra*, Roma, 2002, Maurizio Pallante, *Ricchezza Ecologica*, Roma, 2009.





## 1.4 L'evoluzione del quadro normativo, tra vincoli e opportunità

Nel gennaio 2008, la Commissione Europea ha presentato una serie di proposte legislative, denominate “Direttiva 20-20-20”, miranti al contestuale conseguimento, entro il 2020, di:

- 20% di riduzione delle emissioni di gas serra;
- 20% di quota da energie rinnovabili sul consumo energetico globale dell'Unione Europea;
- impiego di una percentuale di biocarburanti pari al 10% nel settore dell'autotrazione;
- 20% di incremento dell'efficienza energetica (riduzione del 20% dei fabbisogni energetici).

Per il raggiungimento di tali obiettivi è chiaramente fondamentale migliorare le prestazioni energetiche del patrimonio edilizio esistente. Dal punto di vista delle norme che regolano l'efficienza energetica degli edifici l'attenzione è attualmente concentrata sul tema della **certificazione energetica**, quale strumento fondamentale per garantire la riduzione dei consumi energetici degli edifici esistenti e di nuova costruzione. Obbligatoria in tutti gli stati UE, dal 2006, in virtù della direttiva 2002/91/CE, la certificazione è già sperimentata da alcuni anni con successo negli Stati Uniti e in molti paesi europei, tra cui l'Olanda, la Germania, la Francia, la Danimarca e l'Inghilterra. In Italia, dopo decenni di mancata attuazione delle prescrizioni della Legge 10 del 1991, solo di recente è stata introdotta la certificazione energetica degli edifici, con il DLgs 192/2005, come modificato dal DLgs 311/2006, in attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, e resa operativa con i recenti decreti attuativi del 2009 (DPR 59/2009 e DM 26/06/2009) che fissano parametri prestazionali energetici molto restrittivi, sia per i fabbisogni estivi che invernali. Nell'immediato futuro il patrimonio immobiliare verrà finalmente valutato anche per le prestazioni energetiche e, in alcuni casi ambientali, come prevedono alcune normative regionali, basandosi, ad esempio, sul “Protocollo ITACA<sup>4</sup>” semplificato. In alcune normative locali, inoltre, come ad esempio nel Regolamento Edilizio del Comune di Roma (Deliberazione n° 48 del 20/02/2006), si arriva a prescrivere che una quota significativa del fabbisogno energetico, in alcuni casi anche il 50%, venga coperto con energie rinnovabili, e in quasi tutti i casi si rende obbligatorio il recupero delle acque piovane. Le normative locali prevedono, inoltre, in forma differenziata, diversi sistemi di incentivazione, che mirano a compensare in parte l'entità dei sovracosti che deve sostenere la committenza. In linea generale, tali incentivi riguardano la possibilità di scomputare

<sup>4</sup> Nel 2004, la Conferenza dei Presidenti delle Regioni Italiane ha approvato il “Protocollo ITACA”, sviluppato dall'ISTITUTO PER L'INNOVAZIONE E TRASPARENZA DEGLI APPALTI E LA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE – ITACA ([www.itaca.org](http://www.itaca.org)), organo tecnico della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome. Il protocollo è un sistema di valutazione a punteggio della qualità ambientale per gli edifici residenziali ed è disponibile in versione “completa” e “semplificata”.

dal volume edificabile o dalla S.U.L. (Superficie Utile Lorda), i volumi relativi ai dispositivi bioclimatici passivi (come serre solari e cavedii di ventilazione naturale) e agli impianti di sfruttamento delle energie rinnovabili (volumi tecnici) nonché gli extra spessori murari che permettono una migliore inerzia termica ed isolamento. In alcuni casi, come prevede ad esempio la disciplina degli interventi di Miglioramento Bio-Energetico (MBE), prevista dal Nuovo PRG del Comune di Roma, si concede un premio volumetrica (in questo caso del 5%), a fronte del rispetto di precisi parametri prestazionali dal punto di vista energetico ed ambientale; in altri casi è possibile scomputare una parte degli oneri concessori di urbanizzazione.

Dal punto di vista degli incentivi per l'**autoproduzione energetica** da fonte rinnovabile è importante ricordare alcuni importanti provvedimenti di carattere nazionale che mirano ad incentivare a livello economico il recupero degli edifici esistenti, l'efficienza energetica e l'uso delle energie rinnovabili. Per quello che riguarda gli interventi di recupero degli edifici (impianti e componenti di involucro) è stato reiterato nel corso degli anni (attualmente fino al 2010), con successive Leggi Finanziarie, l'incentivo fiscale dell'IIVA al 10% e della detrazione del 55% (per interventi finalizzati al risparmio energetico) o del 36% (per la generica manutenzione straordinaria degli immobili).

Per quello che riguarda il Solare Fotovoltaico è attivo il cosiddetto "Conto Energia", che stabilisce i criteri e le modalità per incentivare la produzione da fotovoltaico, modalità con cui la pubblica amministrazione determina una "super-remunerazione" dell'energia prodotta da fotovoltaico, differenziando le quote di "premio" in base alla taglia dell'impianto. I produttori di energia fotovoltaica possono scegliere se vendere al gestore della rete tutta l'energia prodotta o soltanto la differenza con la quota consumata ("scambio sul posto", valido per impianti <200kWp) in base alla convenienza economica calcolata.

Il Decreto del Nuovo Conto Energia 2007<sup>5</sup> disciplina l'accesso alle tariffe incentivanti per un periodo di 20 anni per chi produce energia attraverso impianti fotovoltaici, secondo una differenziazione in base al periodo di installazione e al livello di integrazione, un incentivo che può arrivare anche al 400% del prezzo corrente di acquisto dell'energia elettrica.

La modalità del Conto Energia rappresenta la forma di incentivazione più conveniente per chi vuole produrre energia elettrica con il sole, in particolare per gli impianti "integrati" e parzialmente integrati con le strutture architettoniche. Il sistema di incentivazione del Conto Energia non è cumulabile con i "Certificati Verdi", con il regime CIP6, e solo parzialmente (per un massimale del 20% rispetto all'investimento totale), con altri finanziamenti pubblici a fondo perduto o in conto interessi.

<sup>5</sup> Approvato dalla Conferenza Unificata Stato-Regioni il 16 febbraio 2007 e firmato il 19 febbraio 2007 da parte del Ministro dello Sviluppo Economico e del Ministro dell'Ambiente.

Un'ulteriore modalità di incentivazione, che vale per la produzione di energia elettrica da altre fonti rinnovabili, è quella appunto dei **Certificati Verdi**, prevista dall'articolo 11 del decreto 79/99 (o Decreto Bersani) e modifiche successive, cioè titoli emessi dal GRTN (Gestore Rete Trasmissione Nazionale), attestanti la produzione di energia da fonti rinnovabili. Ogni Certificato Verde rappresenta la produzione di 0,05 GWh di energia da fonte rinnovabile. Il valore dei certificati si forma nel mercato dove la domanda è costituita dall'obbligo per produttori e importatori di immettere annualmente una "quota" determinata di energia prodotta da fonti rinnovabili, pari al 2% di quanto prodotto e/o importato da fonti convenzionali nell'anno precedente. L'offerta, invece, è rappresentata dai Certificati Verdi emessi a favore di impianti privati che hanno ottenuto la qualificazione IAFR, Impianto Alimentato da Fonte Rinnovabile, dal gestore della rete, così come dai Certificati Verdi che il GRTN stesso emette a proprio favore a fronte dell'energia prodotta dagli impianti CIP6. I certificati sono emessi per i primi 12 anni di funzionamento dell'impianto e sono negoziati sul mercato disgiuntamente dall'energia. Il fatto che il prezzo dei certificati venga controllato dal GRTN impedisce che il valore ecceda una certa quota e configura una sorta di "calmieramento" del prezzo operato dal soggetto che ha il monopolio della trasmissione.

Per impianti di potenza fino ad 1 MW (200 per gli impianti Eolici), cioè impianti di piccola e micro-generazione che possono servire singoli edifici o complessi di edifici, esiste una forma di incentivazione ancora più conveniente, stabilita dal Decreto Ministeriale 18 dicembre 2008 e dalla Delibera ARG/elt 1/09 del 12 gennaio 2009 dell'AEEG: il sistema della Tariffa Fissa Onnicomprensiva, che premia le energie rinnovabili con una tariffa fino a 0,28 € per kWh prodotto ed immesso in rete. Periodicamente, inoltre, Regioni e Provincie emanano bandi per la concessione di contributi a fondo perduto per interventi di vario tipo, dall'installazione di impianti solari termici, a lavori di efficientamento di edifici ed impianti destinati ad aziende, amministrazioni pubbliche e/o singoli utenti.

Ulteriori recenti novità legislative avranno un impatto potenzialmente notevole sulle ipotesi di trasformazione del territorio. Il 31 marzo del 2009, infatti, nella conferenza Stato Regioni si è firmato l'accordo relativo al cosiddetto "Piano Casa"<sup>6</sup>, oggetto di profonde discussioni conflittuali. Senza entrare nel merito dei

<sup>6</sup> "Per favorire iniziative volte al rilancio dell'economia, rispondere anche ai bisogni abitativi delle famiglie e per introdurre incisive misure di semplificazione procedurale dell'attività edilizia, lo Stato, le Regioni e le Autonomie Locali definiscono il seguente accordo. Le Regioni si impegnano ad approvare entro e non oltre 90 giorni proprie leggi ispirate preferibilmente ai seguenti obiettivi:

a) regolamentare interventi — che possono realizzarsi attraverso piani/programmi definiti tra Regioni e Comuni — al fine di migliorare anche la qualità architettonica e/o energetica degli edifici entro il limite del 20% della volumetria esistente di edifici residenziali uni-bi familiari o comunque di volumetria non superiore ai 1.000 metri cubi, per un incremento complessivo massimo di 200 metri cubi, fatte salve diverse determinazioni regionali che possono promuovere ulteriori forme di incentivazione volumetrica;

b) disciplinare interventi straordinari di demolizione e ricostruzione con ampliamento per edifici a destinazione residenziale entro il limite del 35% della volumetria esistente, con finalità di miglioramento della qualità



**Fig. 1.3 Progetto di recupero bioclimatico e valorizzazione ecologico-energetica del Quartiere ATER "Villa Aosta" a Senigallia, Ancona (2005). Dipartimento ITACA. Responsabili ricerca: S.Dierna, Fabrizio Orlandi . Coord.: Fabrizio Tucci.**

contenuti generali del provvedimento, che a parere di molte associazioni ambientaliste rappresenta una sorta di regolarizzazione preventiva di molte forme di abusivismo edilizio, esso prevede la possibilità di ampliare edifici mono e bi-familiari, di dimensione inferiore a 1.000 mc, fino ad un +20%, con l'opzione di arrivare ad un +35% nel caso di demolizione e ricostruzione, associata a interventi finalizzati all'efficientamento energetico e all'integrazione di energie rinnovabili. Le Regioni, che hanno poi legiferato in materia, hanno in alcuni casi diminuito o incrementato tale incentivo.

A prescindere dalle differenze tra Regione e Regione (che hanno la competenza esclusiva in tema di Territorio, Edilizia ed Energia), la nuova normativa nel suo

---

architettónica, dell'efficienza energetica ed utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e secondo criteri di sostenibilità ambientale, ferma restando l'autonomia legislativa regionale in riferimento ad altre tipologie di intervento;  
c) introdurre forme semplificate e celeri per l'attuazione degli interventi edilizi di cui alla lettera a) e b) in coerenza con i principi della legislazione urbanistica ed edilizia e della pianificazione comunale."

complesso comporta comunque una vera e propria rivoluzione della prassi operativa del mondo della progettazione, dell'industria delle costruzioni e del mercato immobiliare. Nel caso delle nuove costruzioni, ad esempio, i costi aggiuntivi, anche molto elevati, che si possono determinare per garantire le più alte prestazioni, possono essere in parte evitati progettando quartieri ed edifici nel modo corretto, anche solo attuando strategie di carattere morfologico e dispositivo. L'accesso alle opportunità di incentivazione, a mutui agevolati e il coinvolgimento di finanziamenti conto terzi sono fattori che possono ulteriormente facilitare gli interventi. Resta il fatto, oltre gli obblighi, che la futura valutazione degli immobili da parte degli acquirenti, anche dal punto di vista energetico, incentiverà l'adeguamento dell'esistente a livelli alti di prestazione, anche in virtù di considerazioni prettamente economiche, oltre che "etiche", poiché gli acquirenti/utenti saranno disposti a pagare con un sovrapprezzo, ammortizzabile in pochi anni, il corrispondente livello qualitativo offerto dal punto di vista delle prestazioni.

### 1.5 Gli obiettivi generali di riqualificazione energetica ed ambientale

Perché si affermi la cultura tecnologica del progettare e costruire sostenibile nel recupero dell'esistente occorre operare scelte che soddisfino una somma di criteri/indirizzi guida:

- l'integrazione tra l'edificio e/o il complesso insediativo e il contesto ambientale specifico, valutato in ordine a tutte le componenti materiali e immateriali (clima, risorse naturali ed antropiche, fattori energetici);
- la riduzione dell'impatto ambientale diretto e indiretto degli effetti dei processi di edificazione e dei componenti costruttivi utilizzati (materiali nocivi, produzione di agenti inquinanti aeriformi o gassosi nelle condizioni indoor e outdoor, consumo di risorse non rinnovabili, alterazioni del ciclo di vita del prodotto edilizio);
- il perseguimento dell'eco-efficienza energetica e ambientale;
- il mantenimento dell'identità dei luoghi e integrazione nel paesaggio locale sotto il profilo architettonico, tipo-morfologico e culturale;
- il controllo in senso positivo degli impatti sulla comunità locale, sotto il profilo economico sociale e culturale, con valorizzazione delle istanze partecipative e di comunicazione e condivisione delle trasformazioni operate;
- il controllo e la gestione nel tempo degli interventi edilizi in termini di durata, manutenibilità, recupero, riuso, demolizione e riciclabilità di componenti e materiali, ai fini della limitazione del costo globale e della sostenibilità complessiva delle trasformazioni.

Tali principi guida danno luogo ad una specifica strutturazione di obiettivi che spaziano dall'ambito disciplinare prettamente ambientale ed energetico e ricomprendono, in un approccio "olistico", tutte le tematiche generali di riqualificazione edilizia ed urbana.

Quando si parla, quindi, di requisiti generali di eco-sostenibilità in grado di garantire la qualità ambientale, morfologica, funzionale ed energetica dell'intervento di riqualificazione, che riguardi un edificio o una porzione di territorio urbano, si può far riferimento a Obiettivi che in linea generale possono essere così elencati e raggruppati in macro-categorie:

**Qualità Ambientale/Energetica:** Obiettivi relativi alla riduzione dei fabbisogni ("Negawattora") e utilizzo di energie rinnovabili

- massimizzazione delle prestazioni passive – Retrofitting Bioclimatico (raffrescamento estivo e riscaldamento invernale passivo, illuminazione naturale);
- massimizzazione dell'efficienza energetica degli impianti;
- integrazione impiantistica ed architettonica dei sistemi tecnologici di sfruttamento delle energie rinnovabili.

**Qualità Ambientale/ Ecosistemica:** Obiettivi relativi alla riduzione degli impatti di livello ecosistemico

- utilizzo di materiali eco-compatibili;
- integrazione componenti naturali ed artificiali (vegetazione-costruito);
- mitigazione dell'inquinamento attraverso la riduzione delle emissioni locali e globali;
- riduzione della produzione di rifiuti sia nella fase di costruzione che di esercizio;
- uso razionale delle risorse idriche e rispetto degli equilibri idrogeologici.

**Qualità Morfologica**

- tutela e/o promozione del carattere identitario dei luoghi;
- appropriata organizzazione/integrazione delle aree verdi.

**Qualità Fruitiva**

- massimizzazione del comfort bioclimatico degli spazi confinati e aperti;
- qualità dell'aria interna;
- garanzia di accessibilità ai servizi;
- garanzia di sicurezza e funzionalità d'uso per tutte le categorie di utenza;
- ottimizzazione della flessibilità funzionale.

**Qualità Gestionale**

- minimizzazione dei costi di investimento iniziale e dei costi di gestione;
- garanzia di manutenibilità e durabilità;
- facilitazione della sostituzione, integrazione e riconfigurazione di spazi e componenti edilizi.

**Qualità Sociale**

- coinvolgimento degli utenti finali nel processo progettuale (partecipazione).
- In particolare, l'impiego delle energie rinnovabili nel recupero edilizio, in modo strettamente interconnesso con l'efficienza energetica e la modalità "passiva", assume un ruolo centrale per le forti connessioni con i temi dell'innovazione tecnologica e dell'integrazione architettonica a livello di progetto, a livello di



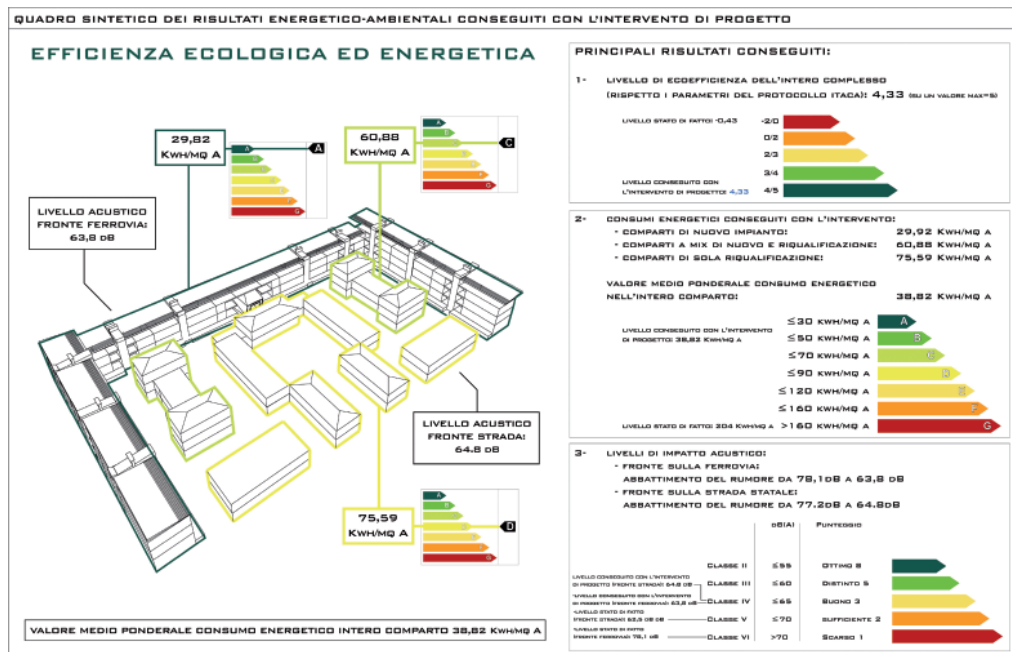


Fig. 1.4 Valutazione energetica delle prestazioni attese per il Progetto di recupero bioclimatico e valorizzazione ecologico-energetica del Quartiere ATER "Villa Aosta" a Senigallia, Ancona (2005).

processo ed infine di prodotto. L'uso e l'integrazione delle energie rinnovabili nell'architettura costituisce, infatti, un fondamentale obiettivo tecnico-attuativo, perseguendo il quale è possibile incidere significativamente sulle modalità di produzione e sul consumo energetico corrente.

## Parte seconda

### 1.6 La metodologia operativa nel recupero bioenergetico a livello di organismo edilizio o urbano (sistemi insediativi). Strategie, vincoli, opportunità

#### 1.6.1 Gli ambiti di indagine e di intervento - Strutturazione Sistemica

Gli ambiti d'intervento della riqualificazione di livello urbano/insediativo sono l'insieme o gli insiemi di parti (sottosistemi) costituenti un'area urbana oggetto di progettazione del processo di trasformazione. Ogni realtà urbana è definibile come un particolare tipo di sistema, dotato di un alto grado di artificializzazione, in cui convivono elementi e fenomeni di origine antropica e naturale, definibile come *Ecosistema Urbano*<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Per la nozione di Ecosistema Urbano si rimanda al libro: *Manfredi Nicoletti, L'ecosistema urbano*, Bari, 1978.

Un *Sistema insediativo di livello territoriale urbano* è una porzione di territorio occupata da elementi fisici, attraversata da relazioni, e interessata da attività, fenomeni e flussi di energia e materia. Esso può coincidere con un'intera città o anche con una porzione dotata di un certo grado di autonomia, perimetrabile, secondo parametri ambientali e funzionali, e/o dotata di caratteristiche specifiche, come una zona urbanistica (comparti edificatori, piani di lottizzazione) o un quartiere, in questo caso definibile come *sistema insediativo di livello locale*. Definire un'articolazione in sottosistemi di una città è il primo, fondamentale passo nel processo di analisi preliminare della realtà urbana. L'azione progettuale può indirizzarsi verso un singolo elemento del sistema, che può essere uno spazio verde di pertinenza dell'edificio o un'unità edilizia, o ad un intero sistema. Gli effetti positivi di un intervento di recupero urbano vanno ad incidere su una parte di territorio tanto più estesa quanto più grande è la scala della trasformazione. Nel caso di un intervento su di un'area specifica è possibile considerare semplicemente tale area come un sistema urbano di primo ordine andandone poi a studiare l'articolazione interna. Partendo dall'ipotesi di base della eteronomia di qualsiasi ambito e sottosistema si andranno poi ad indagare le interrelazioni dell'ambito oggetto di studio con quelli confinanti e con il sistema territoriale generale.

Ogni Sistema Insediativo è formato da due componenti fondamentali, il *sistema naturale*, e il *sistema antropico-artificiale*. Nel sistema naturale possiamo includere le componenti biotiche (vegetazione, fauna, popolazione umana), abiotiche (acqua, suolo, sottosuolo) e le componenti dinamiche microclimatiche locali (soleggiamento, ventilazione, umidità). Nel sistema antropico sono compresi i componenti artificiali costruiti (edifici, infrastrutture, reti tecnologiche, spazi pubblici) e i fenomeni dinamici correlati (flussi di energia e materiali, mobilità). Il *sottosistema antropico "edilizio"* è l'insieme discreto di tutti gli elementi fisici costruiti, dove per "Edificio" si intende essenzialmente un involucro che separa uno spazio esterno da uno interno in cui, per garantire lo svolgimento di determinate attività umane, le relazioni con i fenomeni ambientali esterni sono mediate dall'involucro stesso e da eventuali impianti tecnologici.

Gli *spazi aperti* sono invece tutti quegli spazi in cui il rapporto con condizioni e fenomeni esterni non è mediato da frontiere. Essi saranno a caratterizzazione:

- "verde", nel caso in cui la componente *suolo libero* e la relativa vegetazione di copertura siano preponderanti;
- "grigi", nel caso che siano prevalenti elementi artificiali (come le pavimentazioni stradali). Negli spazi aperti, inoltre, si collocano determinate entità fisiche distinguibili dal punto di vista della configurazione come lineari, superficiali, puntuali, o a "rete". Ad esempio un parcheggio è un elemento a configurazione superficiale, un traliccio un elemento puntuale e una strada o un filare di alberi possono essere considerati elementi a configurazione lineare. Gli spazi aperti inseriti in un'area urbana sono, per definizione, *spazi di transizione*, in cui le relazioni con gli edifici ne condizionano le prestazioni energetiche.



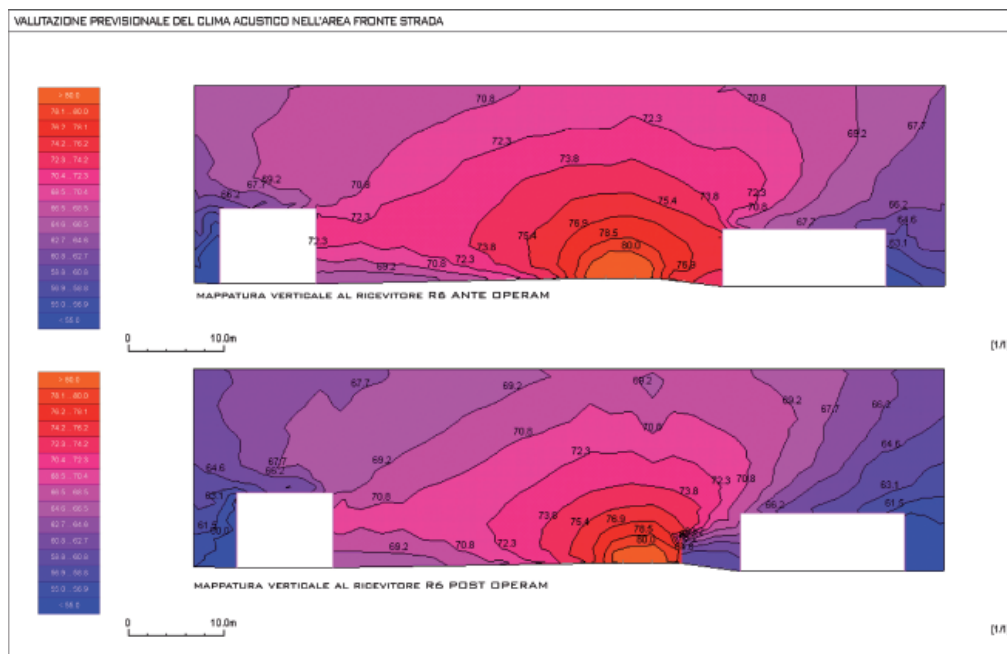


Fig. 1.5 Valutazione degli impatti acustici ex-ante ed ex-post (Software Mithra) nell'ambito del Progetto recupero bioclimatico e valorizzazione ecologico-energetica del Quartiere ATER "Villa Aosta" a Senigallia, Ancona (2005).

### 1.6.2 Articolazione metodologica e tecnico-operative degli interventi

Il controllo del processo progettuale che riguarda gli aspetti energetici ed ambientali richiede di seguire precise fasi operative, in grado di gestire la complessità dei fenomeni in gioco. Sinteticamente, si possono individuare dei blocchi di azioni operative, partendo da una *fase analitica*, passando per una *fase valutativa* e arrivando ad una *fase metaprogettuale*, in cui si mettono a fuoco le strategie che saranno la guida per il *progetto*. Alla fine del processo si procederà ad una *verifica* di rispondenza agli obiettivi prefissati, ricorrendo anche a simulazioni energetiche.

La metodologia di approccio non differisce in rapporto alla scala dell'intervento (sia esso relativo ad un insediamento o ad un edificio, al recupero o alla nuova edificazione), ma cambia soltanto il livello di complessità del procedimento di analisi e di valutazione del funzionamento/prestazioni del sistema analizzato. Un quartiere, in quanto insieme strutturato di edifici e spazi aperti in stretta interazione reciproca, è inserito in un contesto ambientale e urbano che va analizzato nel dettaglio delle componenti, dei flussi, dei fenomeni di interazione e degli effetti. La valutazione accurata delle CRITICITÀ e delle POTENZIALITÀ relative alle condizioni di base del sistema insediativo (nelle componenti strutturanti climatiche, naturali e antropiche) è indispensabile per elaborare specifici OBIETTIVI e STRATEGIE di riqualificazione. Nel caso di singoli edifici

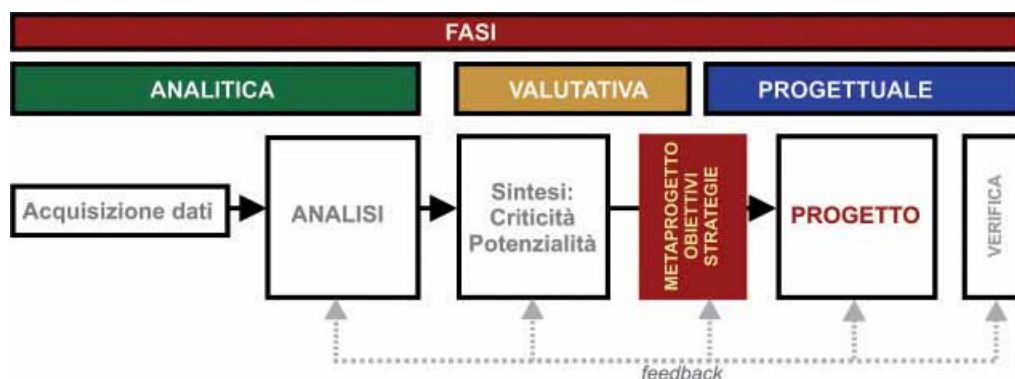


Fig. 1.6 Fasi operative del progetto.

le valutazioni devono essere approfondite sia per quello che riguarda l'edificio stesso (caratteri tecnologici, impianti, bilancio energetico), sia per quello che riguarda il rapporto con il suo contesto. L'influenza della dinamica di interazione delle componenti ambientali e climatiche con l'organismo edilizio è sostanziale e determina precisi effetti che vanno analizzati e calcolati con un grado sufficiente di approssimazione, attraverso specifiche procedure e strumenti di simulazione adeguati (come ad esempio la dinamica stagionale della ventilazione e del soleggiamento sull'edificio, così come viene influenzata dal contesto). Attualmente sono disponibili diversi software dedicati, che consentono di effettuare le indispensabili valutazioni meta-progettuali e le verifiche di progress progettuale relative alle prestazioni energetiche, al soleggiamento, alla ventilazione. Essi sono strumenti più o meno complessi e possono essere utilizzati in base a diversi gradi di conoscenza specialistica, come ad esempio, per citare i più diffusi: *DesignBuilder*, *Ecotect*, *Fluent*, *Envimet*, *Trnsys*, *Energy Plus*, *Docet*, *Termus*, *BestClass* ecc.

L'elenco esemplificativo delle fasi operative che viene proposto e sperimentato in numerosi progetti sviluppati nel corso dell'ultimo decennio, è da intendersi come uno schema flessibile e non rigidamente lineare, una dinamica operativa in cui ogni passaggio influisce retroattivamente (con modalità di *feedback*) sulle fasi precedenti e si configura come un processo di approfondimento in cui, già dall'inizio, si compiono delle scelte progettuali che influiscono sulle analisi da approfondire. In base al tipo di intervento previsto (recupero o nuova realizzazione, di livello insediativo o di singoli edifici) è in ogni caso necessario selezionare e focalizzare l'approfondimento su singoli tematismi di analisi relativi ai fattori che vengono ritenuti più significativi, avendo cura di mantenere comunque un approccio di tipo "olistico" che vede anche il singolo edificio inserito in un complesso sistema di fenomeni di livello contestuale/urbano, le cui dinamiche fondamentali vanno sempre analizzate ed interpretate, come richiede il "Paradigma Ecosistemico" che viene qui proposto.

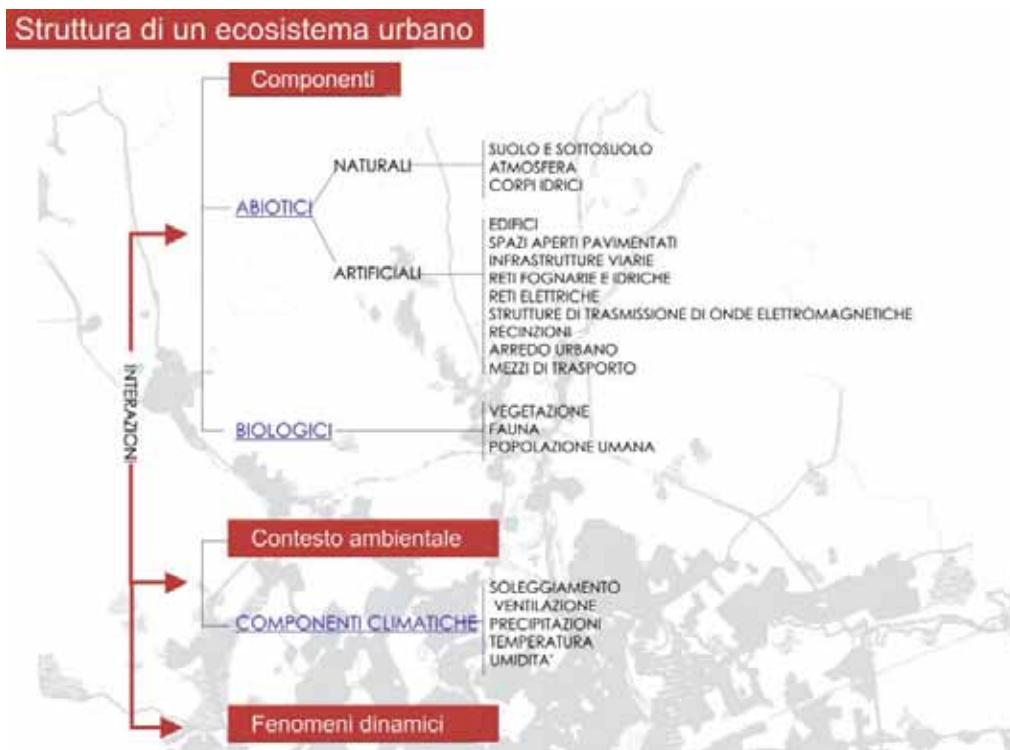


Fig. 1.7 Esempificazione della struttura di un "ecosistema urbano".

Esempio di articolazione operativa, con indicazione ai temi di indagine e alle fasi progettuali relative alla riqualificazione di sistemi insediativi, quartieri e complessi di edifici:

#### FASE DI ANALISI

(temi di indagine con individuazione di criticità e potenzialità):

##### 1. INQUADRAMENTO GENERALE A LIVELLO DI "AREA VASTA":

###### 1a. INQUADRAMENTO TERRITORIALE-AMBIENTALE DELL'AMBITO DI STUDIO

- localizzazione e descrizione generale;
- inquadramento nel Sistema Insediativo urbano (mobilità, centralità);
- inquadramento nel Sistema Naturale (reti ecologiche e aree verdi urbane, paesaggio geologico e rete idrologica principale).

###### 1b. ASSETTO URBANISTICO GENERALE

- quadro storico-evolutivo;
- previsioni di piani urbanistici generali e attuativi.

###### 1c. DEFINIZIONE DELLE COMPONENTI CLIMATICO-AMBIENTALI

valori base delle componenti climatico-ambientali (temperature min-max-medie, radiazione solare al suolo, UR%, venti prevalenti stagionali).

## 2. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE ECOSISTEMICHE DELL'“AMBITO RISTRETTO” LOCALE (sito+intorno):

### 2a. CARATTERI VISIVO-PERCETTIVI DEL PAESAGGIO URBANO

### 2b. ASSETTO GENERALE DELL'AMBITO

Copertura del suolo (caratteri fisici: edifici, coperture artificiali e naturali).

### 2c. COMPONENTI E FENOMENI RELATIVI AL SISTEMA NATURALE

#### *Struttura “abiotica”*

Caratteristiche geomorfologiche:

- orografia/geomorfologia;
- clivometria-esposizioni;
- deflusso idrico superficiale.

Caratteristiche geo-idro-pedologiche:

- geologia (sottosuolo);
- idrogeologia (falde, deflussi, corpi idrici superficiali);
- pedologia (suolo: permeabilità, fertilità).

#### *Struttura “biotica”*

- vegetazione attuale e potenziale;
- reti ecologiche locali e collegamenti con le reti ecologiche di livello urbano;
- habitat faunistici.

### 2d. COMPONENTI E FENOMENI RELATIVI AL SISTEMA ANTROPICO

#### *Struttura del sistema antropico*

- popolazione locale (n°abitanti, età, reddito, dati statistici);
- uso attuale del suolo e degli edifici e individuazione “centralità locali”;
- morfologia e tipologia insediativa;
- stato di manutenzione e aspetto degli edifici;
- vincoli e presenze di beni architettonici, archeologici;
- dotazione servizi e infrastrutture a rete (gas, fognature, acqua, elettricità, antenne radiotelefonica).

#### *Mobilità*

- mobilità e flussi (veicolari e pedonali);
- trasporto pubblico.

#### *Consumo di risorse materiali*

- energia (bilancio energetico, fonti, usi finali);
- acqua;
- materiali.

#### *Emissioni (attuali e potenziali)*

- emissioni – fonti e ipotesi di diffusione emissioni gas serra, rumore, inquinanti aeriformi locali, particolato, inquinamento elettromagnetico);
- stima della produzione di rifiuti RSU e della modalità di gestione locale.

### 3. ANALISI DEI FENOMENI DI INTERAZIONE CON LE COMPONENTI AMBIENTALI CLIMATICHE:

#### 3a. CARATTERI MICROCLIMATICI LOCALI ED EFFETTI POTENZIALI

(Interazioni tra edifici, vegetazione, coperture del suolo, geomorfologia con le componenti climatiche, per la definizione del comfort e delle potenzialità energetiche, Estate-Inverno)

##### *Condizioni di soleggiamento*

- condizioni di soleggiamento degli spazi aperti nel periodo estivo;
- condizioni di soleggiamento degli spazi aperti nel periodo invernale.

##### *Condizioni di ventilazione*

- condizioni di ventilazione degli spazi aperti nel periodo estivo;
- condizioni di ventilazione degli spazi aperti nel periodo invernale.

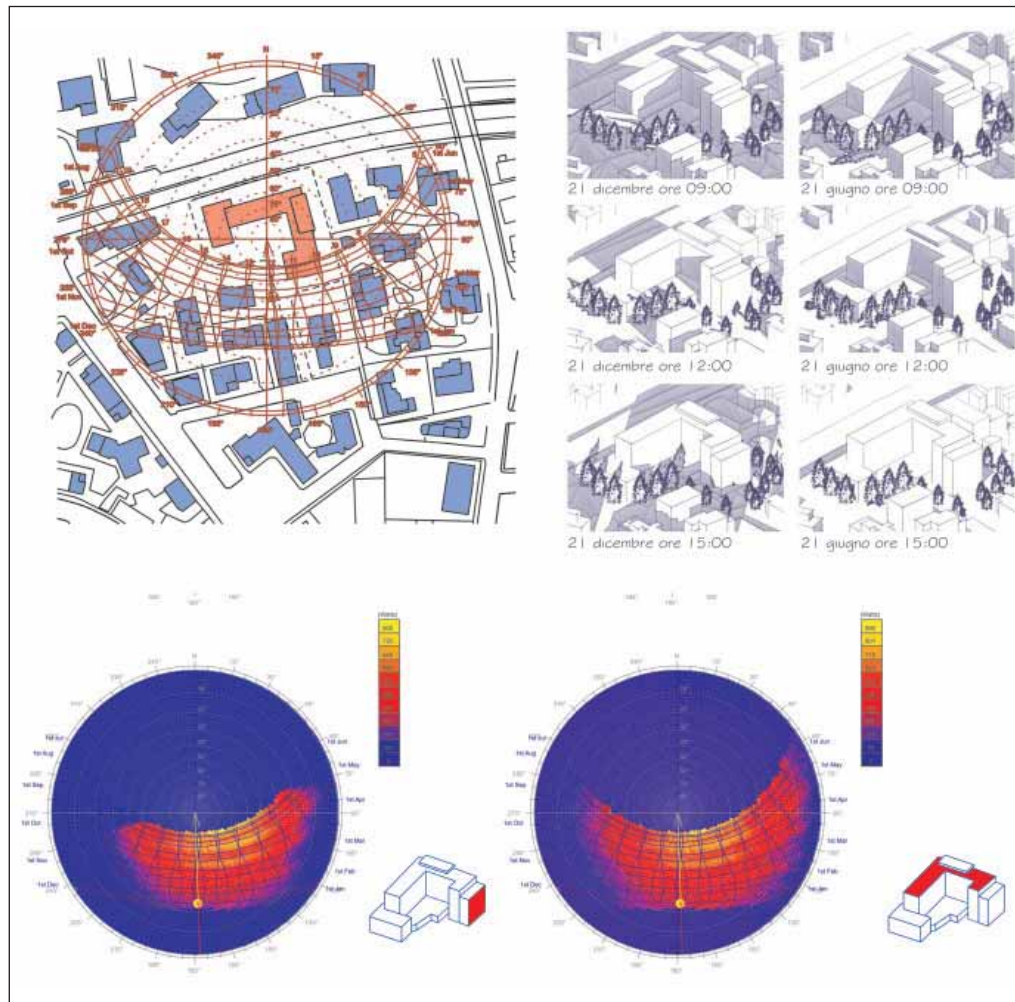


Fig. 1.8 Master di II Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'Ambiente, 2005.  
Analisi e valutazione delle condizioni di Soleggiamento (Ecotect) nell'ambito del progetto  
di recupero del complesso scolastico "Merelli", Roma. Arch. Gianfranco Aliano.



- condizioni di umidità degli spazi aperti nel periodo estivo;
- condizioni di umidità degli spazi aperti nel periodo invernale.



- criticità e potenzialità del Sistema Antropico;



- criticità e potenzialità del sistema naturale;
  - criticità e potenzialità energetiche e bioclimatiche (estate/inverno).
2. QUADRO SINTETICO DELLE CRITICITÀ E DELLE POTENZIALITÀ



Fig. 1.11 Master di Il Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie sostenibili per l'Ambiente, 2008. Valutazione della dinamica del soleggiamento a livello insediativo nell'ambito del progetto di recupero del quartiere ATER "Casilino II", Roma. Arch.tti Elia Chalarambos, Angela Recchi, Silvia Vagni.



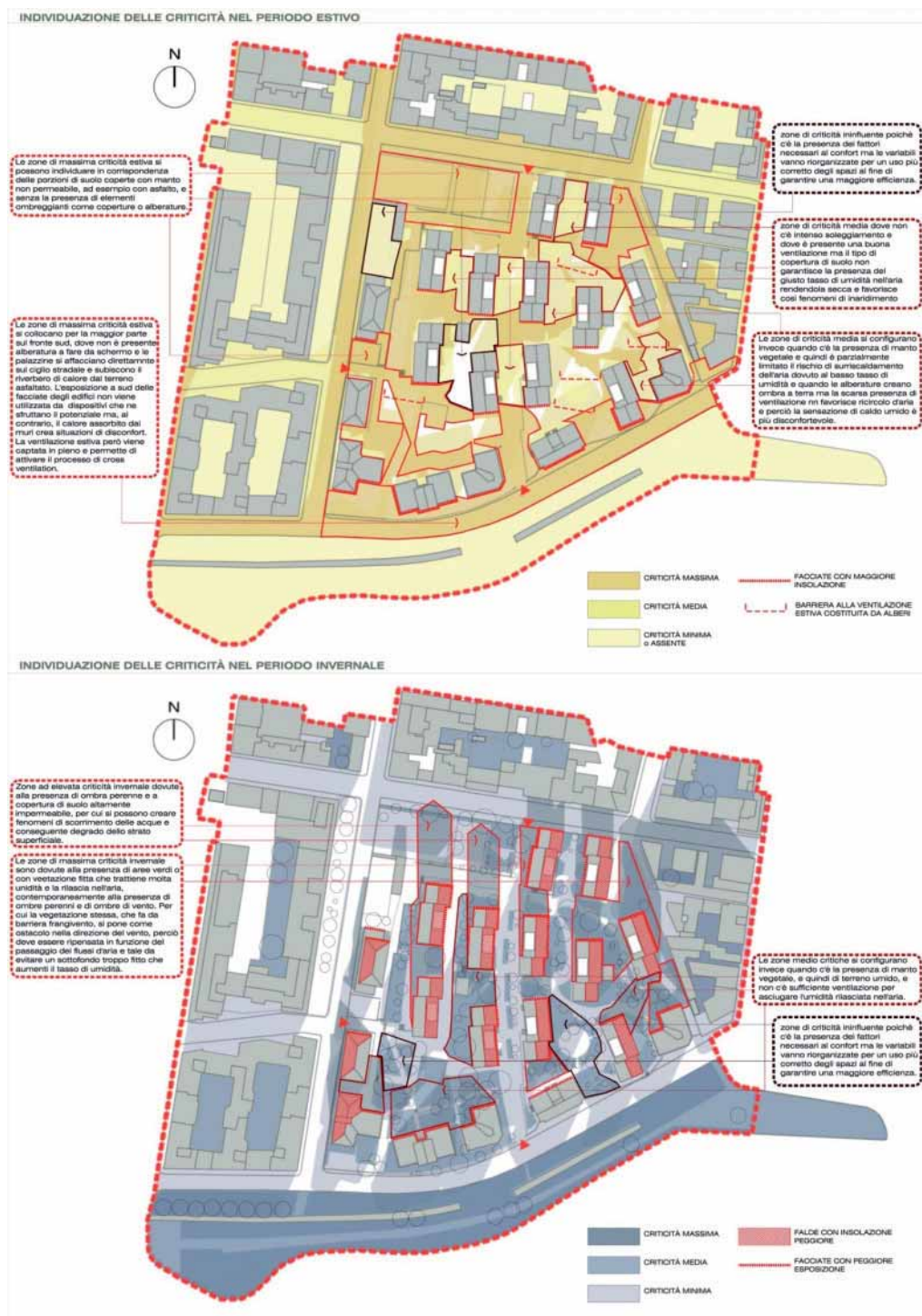


Fig. 1.12 Master di II Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'Ambiente, 2008. Mappatura finale delle criticità energetiche e bioclimatiche nell'ambito del progetto di recupero del quartiere ATER "Casilino II", Roma. Arch.tti Elia Chalarambos, Angela Recchi, Silvia Vagni.

## FASE PROGETTUALE

### Definizione programmatica degli interventi trasformativi

#### 1. FASE PRELIMINARE – METAPROGETTUALE

##### 1a. OBIETTIVI DI TRASFORMAZIONE – DEFINIZIONE DELLE STRATEGIE DI INTERVENTO

- obiettivi specifici relativi all'ambito di studio;
- strategie di riqualificazione (elenco sistematico con localizzazione schematica delle strategie classificate secondo categorie di intervento).

#### 2. FASE PROGETTUALE

##### 2a. DEFINIZIONE SISTEMATICA DEGLI INTERVENTI TRASFORMATIVI

- metaprogetto, Piano di Interventi o Masterplan (sintesi trasformazioni e assetto previsto per edifici e/o spazi aperti);
- interventi relativi al Sistema Antropico (arredo urbano, funzioni, mobilità, ottimizzazione energetica, morfologia edilizia, scelte tecnologiche e impiantistiche, soluzioni per il comfort indoor e outdoor, ecc.);
- interventi relativi al Sistema Naturale (reti ecologiche, coperture vegetali, sistema idrico).

##### 2b. PROGETTO DI DETTAGLIO

##### 2c. VERIFICHE FINALI

(verifica di rispondenza agli obiettivi prefissati attraverso simulazioni bioclimatiche ed energetiche)

Nel caso di intervento su un singolo edificio o una porzione di edificio il flusso operativo è lo stesso, con la differenza che non è necessario valutare gli aspetti a livello di “Area Vasta”, poiché le valutazioni relative al cosiddetto “Sistema Naturale” riguardano principalmente le interazioni tra l'edificio e le componenti naturali circostanti, a livello di “sito”.

### 1.7 Le linee guida strategiche per il recupero bioenergetico ed ambientale di edifici e quartieri

Nell'elenco che segue vengono esemplificate alcune strategie fondamentali di riqualificazione, con riferimento alle più recenti ricerche nazionali ed internazionali condotte sull'argomento<sup>8</sup>:

#### STRATEGIE OPERATIVE DI CARATTERE GENERALE

- ragionare sempre in termini energetici globali considerando i consumi annuali (riscaldamento, usi elettrici, raffrescamento, illuminazione, trasporti) espressi per fonti ed usi finali;

<sup>8</sup> In particolare si può fare riferimento alle linee guida elaborate nel corso della ricerca europea condotta nell'ambito del quinto programma quadro della ricerca: “Sustainable Renovation of Buildings for Sustainable Neighbourhoods” denominata HQE<sup>2</sup>R e ai contenuti del libro S.Dierna, F. Orlandi, *Buone Pratiche per il Quartiere Ecologico*, Alinea, Firenze, 2005.

- massimizzare l'autonomia energetica attraverso la produzione locale di energia e la creazione di reti di generazione distribuita;
- curare nel dettaglio il piano di fattibilità economica e sfruttare al massimo le opportunità di finanziamento degli interventi:
  - finanziamenti pubblici: Bandi Comunitari, Nazionali, Regionali e Provinciali;
  - finanziamenti privati o misti: Partnership pubblico-privato, *third party financing*, finanziamenti tramite ESCO (Società di Gestione Energetica).

### STRATEGIE DI QUALITÀ AMBIENTALE/ENERGETICA:

#### Spazi aperti – connettivo urbano

- ridurre la ventilazione invernale degli spazi aperti e facilitare quella estiva;
- utilizzare la vegetazione, l'acqua (sistemi evaporativi, fontane, specchi d'acqua) e sistemi di ombreggiamento artificiale per il raffrescamento estivo degli spazi aperti;
- riorganizzare la rete di illuminazione pubblica adottando apparecchi ad alta efficienza (ad esempio Led, apparecchi a basso consumo, controllori di flusso, integrazione fotovoltaica);
- predisporre reti per la distribuzione del calore e del freddo (teleriscaldamento e tele raffreddamento).

#### Edifici

- prevedere sistemi di schermatura artificiali o naturali per garantire l'ombreggiamento estivo delle facciate e delle coperture, e in particolare, delle superfici vetrate;
- prevedere l'introduzione di sistemi di ventilazione e raffrescamento naturale attraverso camini solari, condotti sotterranei, cavedii di ventilazione;
- creare, ove necessario, pareti e tetti ventilati;
- applicare sistemi e tecnologie per lo sfruttamento del guadagno solare passivo (serre solari, muri di Trombe, riorganizzazione del rapporto superfici opache/finestate in base all'orientamento ecc.);
- migliorare le prestazioni invernali dell'involucro edilizio opaco attraverso l'applicazione di sistemi di isolamento "a cappotto" o nuovi strati isolanti interni (e la sostituzione degli infissi esistenti con infissi ad alta efficienza);
- incrementare la massa termica delle pareti perimetrali e/o prevedere masse termiche di accumulo all'interno degli edifici;
- sostituire gli impianti esistenti con impianti ad alta efficienza centralizzati, meglio se a livello di complessi di edifici (cogenerazione e trigenerazione, pompe di calore geotermiche);
- perseguire il massimo grado di utilizzo delle energie rinnovabili (solare termico e fotovoltaico, microeolico, biomasse, minihydro, geotermia a bassa temperatura) in modo integrato a livello architettonico ed impiantistico.

### STRATEGIE RELATIVE ALLA QUALITÀ AMBIENTALE/ ECOSISTEMICA:

- utilizzare materiali da costruzione naturali, di produzione locale e/o propri della tradizione costruttiva, atossici e/o certificati dal punto di vista dell'eco-compatibilità;

- prevedere dispositivi e sistemi di abbattimento dell'inquinamento acustico (barriere antirumore, terrapieni e masse di vegetazione);
- utilizzare la vegetazione come filtro per gli agenti inquinanti;
- facilitare la ventilazione degli spazi aperti per disperdere le sostanze inquinanti;
- attuare interventi di mobilità sostenibile: aree pedonali, piste ciclabili, percorsi pedonali protetti, aree a traffico controllato (soluzioni di "traffic calming");
- prevedere sistemi di recupero e riutilizzo in loco dell'acqua piovana (in ragione di almeno il 70% delle acque captate dalle coperture);
- prevedere sistemi naturali di depurazione/abbattimento delle sostanze inquinanti contenute dalle acque grigie e/o nere per il riutilizzo in loco o la restituzione ai corpi idrici naturali (fitodepurazione).

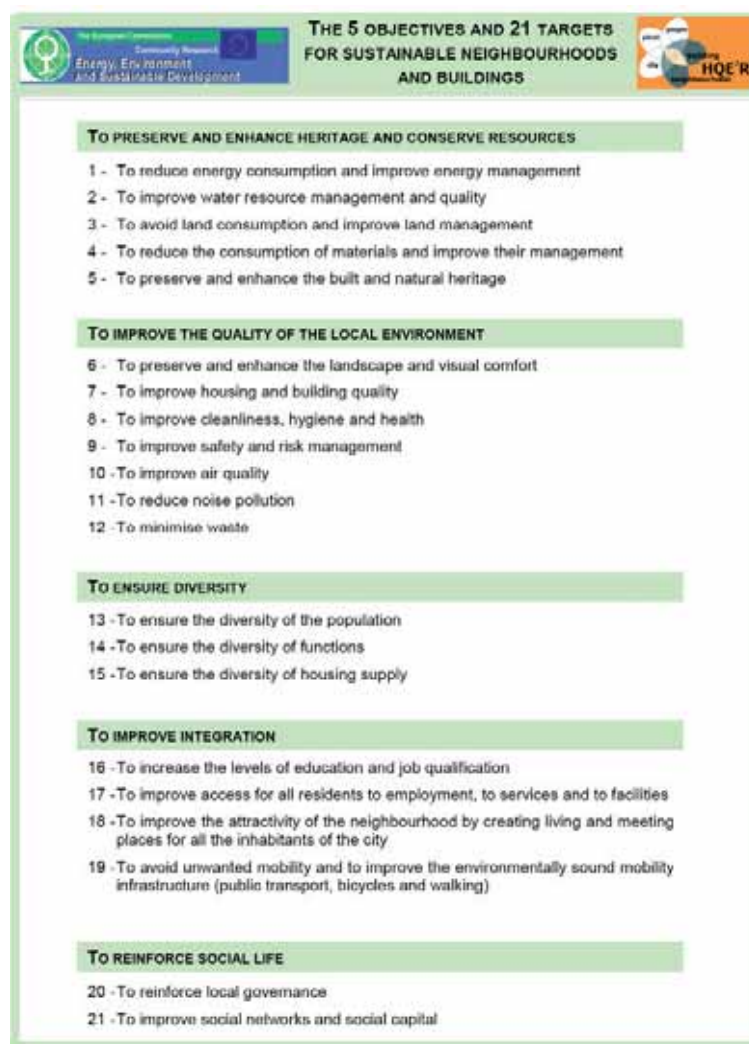


Fig. 1.13 Gli obiettivi di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente secondo i risultati della ricerca HQE2R.





Fig. 1.14 Master di II Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'Ambiente, 2008.  
Retrofitting Energetico del Padiglione I del complesso ospedaliero di S.Maria della Pietà.  
Arch. Bifulco, Skoufali, Tili.

## 1.8 Variabili, problematiche e opportunità nel recupero bio-energetico dell'esistente

Quando l'oggetto della trasformazione è un'entità esistente ci trova di fronte a vincoli specifici che limitano fortemente le possibilità di intervento; tali vincoli vanno valutati attraverso le analisi e in particolare richiedono la verifica della fattibilità finanziaria e operativa. Nel caso di interventi su quartieri, complessi di edifici, o singoli edifici le **variabili** fondamentali da valutare per indirizzare la progettazione verso scenari di fattibilità effettiva sono:

- scala dell'intervento: alloggio, edificio, complesso di edifici, quartiere, livello urbano;
- configurazione insediativa generale, e, nel caso di singoli edifici, orientamenti e morfologia;
- destinazioni d'uso (terziario, produttivo, residenziale);
- livello di occupazione degli spazi e relativa esigenza di mantenimento continuativo delle attività che vi si svolgono (ad esempio il mantenimento dell'attività abitativa durante la ristrutturazione di un complesso di edifici di edilizia economica e popolare);
- configurazione proprietaria (pubblico, privato, unitario, parcellizzato);
- livello di degrado degli edifici e degli spazi aperti;
- caratteristiche tecnologiche e costruttive;
- prestazioni energetiche;
- caratteristiche degli impianti e delle reti tecnologiche esistenti (teleriscaldamento, acqua, fognature, illuminazione pubblica, gas, rete elettrica ecc.);
- livello di potenzialità di integrazione delle energie rinnovabili (dipendente ad esempio, nel caso del solare fotovoltaico, dalla forma ed esposizione delle coperture) o di applicabilità di soluzioni bioclimatiche/passive;
- vincoli potenziali alla cantierizzazione (disponibilità di spazi, compatibilità con attività ecc.);
- problematiche di gestione e manutenzione;
- costi /risorse economiche, incentivazioni fiscali, potenzialità di finanziamento (bandi, convenzioni pubblico-privato, *third party financing*).

A livello di "quartiere" è chiaro come la parcellizzazione proprietaria renda spesso difficile elaborare piani organici di recupero che trovino un'attuazione certa. In alcuni casi, come il Piano di Recupero Urbano "Saline Ostia Antica" o "Centocelle Vecchia" a Roma, le Norme Tecniche di Attuazione prevedono uno specifico sistema di incentivazione volumetrica che spinge, almeno in via teorica, i proprietari ad attuare determinati interventi sui propri edifici. Per ciò che riguarda invece edifici e spazi pubblici le modalità di attuazione sono più semplici dal punto di vista operativo, in quanto gestiti direttamente dall'Amministrazione Pubblica, mentre divengono vincoli problematici, in particolare negli ultimi anni, le risorse finanziarie.

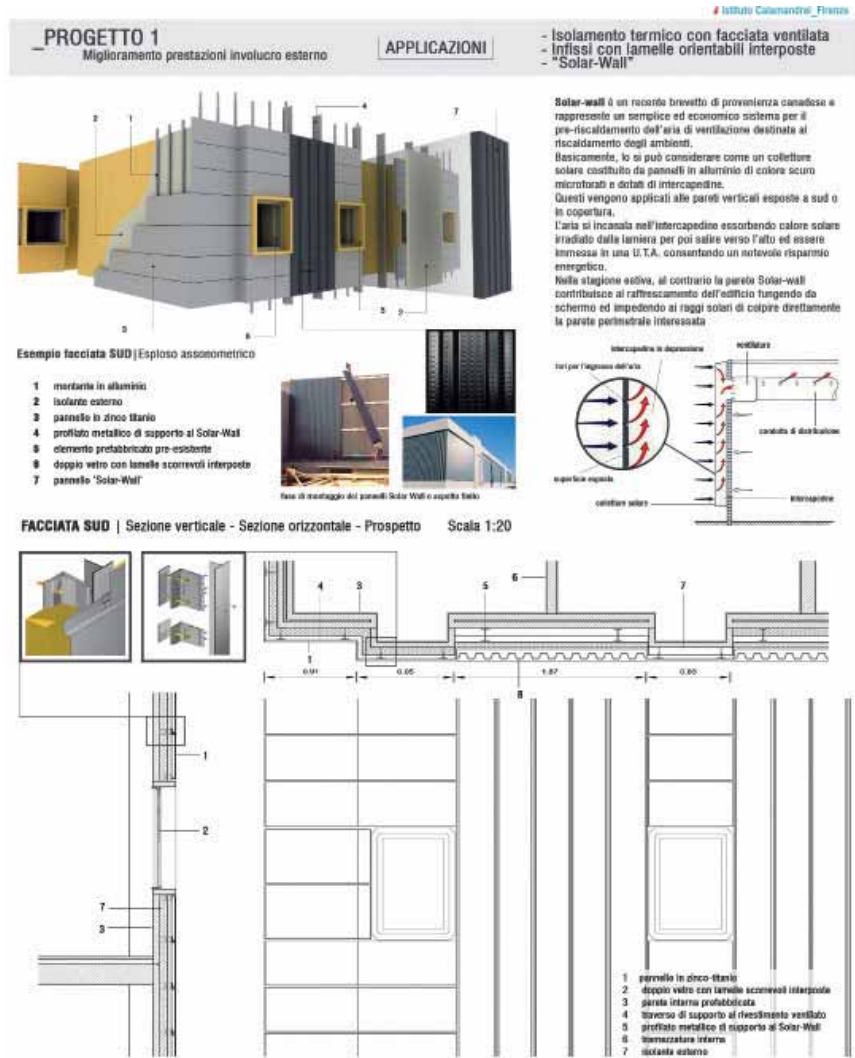


Fig. 1.15 Master di Il Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'Ambiente, 2008. Adeguamento energetico e ambientale del complesso "Casa dello studente" a Scandicci, Firenze. Arch. Spaziani.

È possibile comunque elencare una serie di problematiche/vincoli e di opportunità legate al processo di riqualificazione energetico-ambientale in generale:

**Problematiche:**

- incongruenze, disomogeneità e ritardi di applicazione normativa;
- aumento tendenziale dei consumi elettrici che raggiunge il 20% annuo, contro il 2% dei consumi generali, a causa dell'esplosione della climatizzazione domestica estiva;
- carenza di formazione della maggior parte dei tecnici e degli operatori istituzionali, nonostante l'attuale diffusione dei corsi universitari indirizzati alla progettazione ambientale;



- diffidenza e mancanza di informazione degli operatori economici, come dimostra la diffusione della credenza infondata che la qualità ambientale ed energetica costituisca un aggravio insostenibile dei costi di costruzione;
- difficoltà di coordinare;
- difficoltà di calcolo delle prestazioni di alcune soluzioni bioclimatiche passive;
- inefficienza di gran parte del patrimonio edilizio costruito nel XX secolo che, oltre a gravi problemi di obsolescenza, offre pessime prestazioni energetiche dovute ad eccessive dispersioni termiche dell'involucro, bassa inerzia termica delle strutture, sottovalutazione del ruolo dell'illuminazione naturale, incapacità di sfruttare in modo passivo l'energia solare e inefficienza nei confronti del surriscaldamento estivo, tema particolarmente rilevante nelle regioni del clima mediterraneo. Oltre agli involucri edilizi anche la tessitura degli insediamenti è stata realizzata senza preoccuparsi degli effetti della configurazione planivolumetrica e dei materiali di copertura del suolo degli spazi aperti sull'insolazione, sulle temperature, sulla ventilazione e l'umidità e, quindi, sull'efficienza energetica.

### Opportunità

- l'obsolescenza del patrimonio esistente, oltre ad essere un vincolo è un'opportunità, poiché consente di intervenire integrando le soluzioni di recupero bioclimatico ed energetico con la manutenzione straordinaria comunque necessaria e programmata;
- gli incentivi per energie rinnovabili, per le ristrutturazioni e per gli interventi di risparmio energetico sugli edifici, gli incentivi per l'efficienza energetica, le modalità di finanziamento conto-terzi;
- la riduzione progressiva dei costi di componenti impiantistici e componenti tecnologici edilizi.



Fig. 1.16 Strategie di riqualificazione relative al recupero del complesso edilizio di Corviale, Roma.  
Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale, AA 2002-2003 .  
Relatore: Fabrizio Orlandi. Correlatore: Domenico D'Olimpio. Laureanda: Roberta Rotondo.



Fig. 1.17 Master di II Livello, Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'Ambiente, 2007.  
Recupero e adeguamento bioenergetico della scuola media "M.U.Traiano", Acilia, Roma.  
Arch. Emanuele De Vittino.

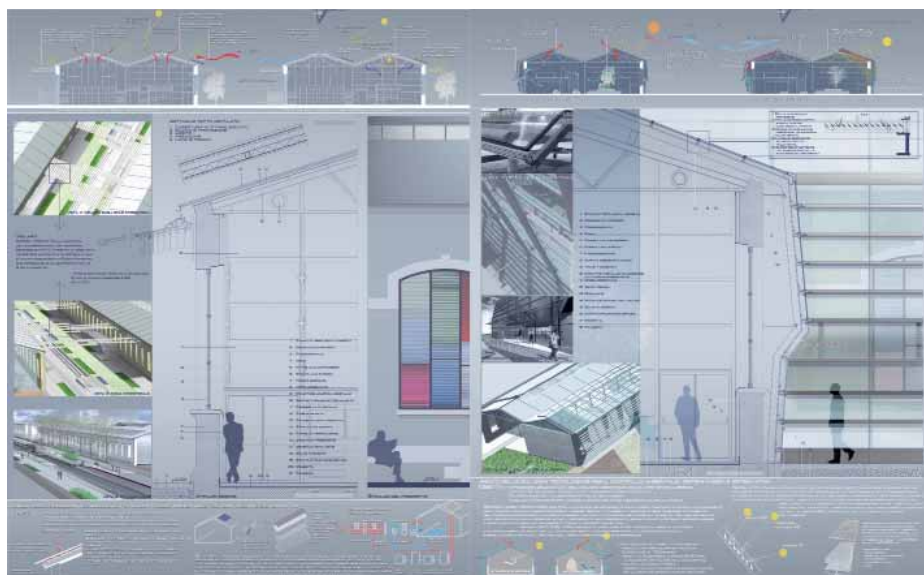


Fig. 1.18 Recupero dell'asse delle Caserme di Via Guido Reni, Roma. Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale. Relatore: Fabrizio Orlandi. Laureandi: De Fabi, Di Re, Ferrazzi.

## 1.9 Conclusioni

I possibili scenari che si delineano per quello che riguarda il recupero sono differenziati, presentano non pochi aspetti problematici, ma anche interessanti linee evolutive. In primo luogo c'è il grande campo di applicazione, che viene gestito attualmente dalle Amministrazioni Pubbliche, del recupero dell'“edilizia residenziale sociale”. Le sperimentazioni progettuali effettuate di recente in questo campo sono piuttosto limitate a causa delle difficili condizioni di deficit finanziario di Regioni e Aziende Territoriali (ATER), che gestiscono il patrimonio edilizio. In alcuni casi i livelli di obsolescenza e di degrado di alcuni complessi edilizi hanno portato a preferire la scelta della demolizione, come è accaduto per Secondigliano a Napoli, rinunciando all'opportunità di intraprendere un processo, certamente più complesso, di riconfigurazione e ottimizzazione eco-energetica, come è invece stato ipotizzato per il caso di Corviale, a Roma, oggetto di numerose ricerche<sup>9</sup>. Le pubbliche amministrazioni si stanno comunque impegnando per indirizzare risorse verso questa tematica così rilevante per migliorare la qualità urbana. Il recentissimo Bando della Regione Lazio “ENERGIA DAL TETTO – per la realizzazione di impianti fotovoltaici integrati sugli edifici del patrimonio ATER” promosso dall'Assessorato alle Politiche per la Casa, prevede la contestuale riqualificazione bio-energetica delle coperture.

Tra le esperienze realizzate in ambito pubblico si segnala l'esperienza del recupero degli edifici scolastici, per i quali negli ultimi anni si sono prodotti numerosi progetti con specifico indirizzo bio-ecologico<sup>10</sup>. Altri temi di notevole interesse sono costituiti dal recupero di aree dismesse industriali e militari, l'incentivazione del recupero energetico e l'integrazione delle energie rinnovabili in complessi edilizi particolarmente “energivori”, come le strutture sanitarie e i centri commerciali. Analoga attenzione si riscontra da parte delle aziende private rivolta al recupero dei grandi edifici per uffici costruiti tra gli anni '50 e '70, che presentano gravi problemi e costi di gestione.

Da quanto esposto si può auspicare e prevedere che, nonostante la presenza di vincoli e aspetti problematici, la commistione tra le nuove aspettative culturali ed etiche e le opportunità economiche offerte dalle attività finalizzate al recupero ambientale, tra le esigenze di adeguamento alle normative e le esigenze di

<sup>9</sup> Nella pubblicazione A.I. Del Monaco (a cura di), *Corviale Accomplished, Uno studio per Corviale*, Roma, 2009, possono essere consultati numerosi contributi teorici e progettuali (tra cui un Saggio del Prof. Fabrizio Orlandi dal titolo *Questioni Energetiche e Ambientali*) scaturiti dalla convenzione tra Regione Lazio e Prima Facoltà di Architettura “Ludovico Quadroni” dell'Università Sapienza di Roma, che ha portato ad un programma di studi condotto in collaborazione con GSAP Columbia University of New York. Coordinatori Scientifici: Lucio Barbera e Richard Plunz.

<sup>10</sup> Eleonora Oleotto (a cura di), *Edifici Scolastici Ecocompatibili - Vol.1/2, Progetti per una scuola sostenibile*, Edicom, Monfalcone (GO), 2007.

riduzione dei costi di gestione del patrimonio edilizio, spingeranno gli operatori economici istituzionali, pubblici e privati a incrementare notevolmente nei prossimi anni le azioni di riqualificazione dell'esistente, riducendo proporzionalmente gli investimenti sul "nuovo". Il recupero in chiave ecologica dell'esistente, come affermano da tempo alcuni tra i più importanti economisti, è un'occasione di crescita economica e occupazionale su cui l'amministrazione pubblica e le aziende private devono puntare.

Dal punto di vista della formazione, emerge con grande evidenza la domanda di competenze tecnico-scientifiche specifiche, capaci di gestire ed attuare una *nuova progettualità* così indirizzata, in modo da rispondere alle opportunità e ai vincoli derivanti dall'adeguamento, cui il settore delle costruzioni dovrà necessariamente aderire e concretamente mettere in pratica, in ottemperanza a quanto richiesto dalle recenti normative.

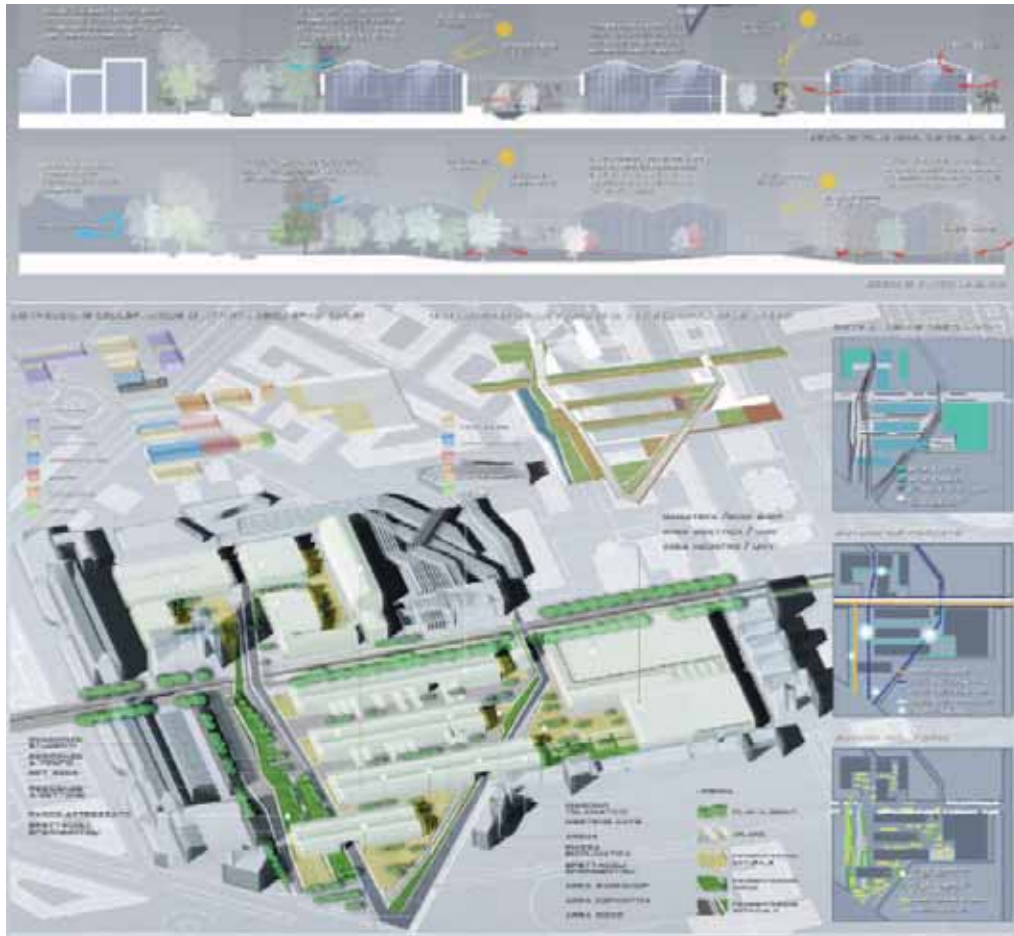


Fig. 1.19 Recupero dell'asse delle Caserme di Via Guido Reni, Roma. Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale. Relatore: Fabrizio Orlandi. Laureandi: De Fabi, Di Re, Ferrazzi.





Fig. 1.20 Recupero bioclimatico del Padiglione “Ex Fenicotteri” del Bioparco di Roma, 2006. Bioprojectgroup – Archh. Carlo Brizioli, Jacopo Fedi.

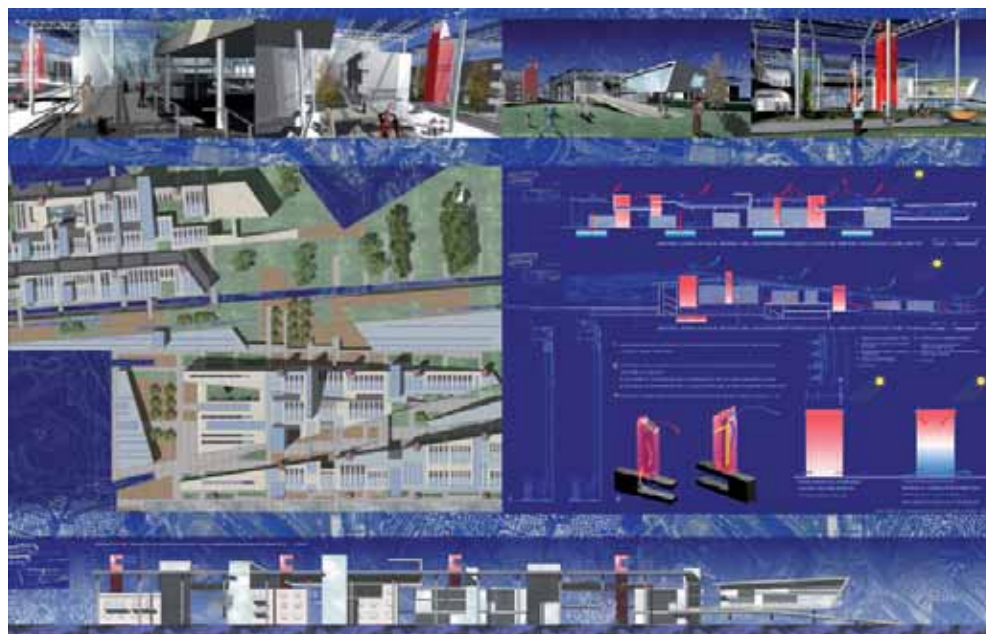


Fig. 1.21 Recupero Edilizio e Urbano dell’area produttiva e artigianale nell’Ansa del Fiume Tevere, Roma Nord. Tesi di Laurea in Tecnologie di Protezione e Ripristino Ambientale, 2003. Relatore: Fabrizio Orlandi. Laureando: A. Salvucci



## ■ 2 Il controllo bioclimatico degli spazi aperti

### 2.1 La progettazione ambientale degli spazi urbani

La città nella tradizione europea è un insieme complesso di reti di spazi pubblici e semipubblici che sono luogo delle attività civiche e connettono i flussi di merci, persone ed informazioni. È quindi un patrimonio comune di tutti noi e come tale dovrebbe essere oggetto di cure maggiori di quelle dedicate agli spazi privati.

La vivibilità e vitalità complessiva della vita urbana dipende da molti fattori socio-culturali, economici, geografici ma anche della qualità ambientale delle “stanze a cielo aperto” che negli ultimi decenni è diventata un aspetto importante nella progettazione, costruzione e gestione delle città sia nei processi di riqualificazione che in quelli di nuova edificazione. Allo spazio pubblico urbano si richiede sempre più di essere attrattivo anche in termini di **comfort polisensoriale** (cioè di offrire spazi freschi ed ombreggiati in estate e mitigati e soleggiati in inverno, con ambienti/nicchie sensorialmente piacevoli ecc.).

Se pensiamo alla vivibilità degli spazi urbani tradizionali e li confrontiamo con la “desertificazione” degli spazi urbani moderni e contemporanei, particolarmente nelle grandi espansioni urbane recenti, dobbiamo riconoscere che molto è stato fatto per distruggere la grande tradizione urbana europea.

Le critiche radicali alla desertificazione urbana dell'architettura moderna sviluppate da studiosi ed architetti a partire dagli anni '60, da J. Jacobs a Gehl (“vita tra gli edifici”), Cooper Marcus e Bosselmann. Queste esperienze partivano proprio dalla confutazione di alcuni assunti teorici del MM che avevano predicato la fine dello spazio pubblico tradizionale (Le Corbusier decretò anzitempo la “morte della strada”, come ben ha sottolineato Consonni ma anche tutta la tradizione dell'architettura urbana da Muratori ad Aldo Rossi è implicitamente una forte critica ad alcuni paradigmi del MM) ed hanno dato origine ad interessanti esperienze se pur con esiti diversissimi: dai centri urbani californiani, alla riqualificazione dei sistemi di spazi urbani nelle aree metropolitane e città europee (con pratiche di grande eccellenza come Copenhagen, Barcellona, Birmingham, Chambery ecc.) fino ad arrivare al radicalismo del “new urbanism” (che all'estremo alimenta i modelli degli “outlet commerciali” neo vernacolari).

In questo momento storico, caratterizzato dai tentativi di mitigare l’“ubriacatura” della grande mobilità e della velocità dei mutamenti (informazione inclusa), forse le persone richiedono di nuovo di poter abitare spazi più “lenti” ed ospitali con strutture che sostengano le diverse interazioni umane legate anche all'ibridazione di culture e di gruppi sociali, come sostiene Magnaghi nella presentazione del libro di F. Choay *Del destino delle città*. La progettazione degli spazi urbani è



prevalentemente affrontata con un approccio prestazionale di carattere funzionale (sicurezza, accessibilità...) ed estetico, mentre gli aspetti di carattere ambientale sono spesso del tutto trascurati.

Come sostiene Gehl, quando il microclima offre condizioni di comfort, non solo aumenta considerevolmente il numero delle persone che frequentano lo spazio urbano, ma si possono osservare dei cambiamenti nel carattere delle attività correlate alla sosta. Soste per mangiare, per bere, per guardarsi intorno aumentano di numero; performance ed esibizioni varie, quasi inesistenti in condizioni di discomfort, acquistano un ruolo importante fra le attività collettive quando il microclima è piacevole.

Ci rendiamo conto, infatti, che il desiderio/necessità di aumentare la parte della propria vita spesa nei luoghi urbani aperti (spesso ostacolata dalle crescenti condizioni di discomfort ambientale) non è solo contenimento dell'inquinamento ma anche qualità in termini di stimoli e comfort polisensoriale, insomma una domanda di ambienti urbani che, al di là degli standard "igienici", siano stimolanti e piacevoli, tali da invogliare un numero sempre maggiore di cittadini (particolarmente bambini ed anziani) ad utilizzare molto di più la città. Un esempio in questo senso è rappresentato dalla campagna di sensibilizzazione promossa dal comune di Bolzano orientata ad incentivare gli spostamenti pedonali o in bici per salvaguardare la salute e prevenire i rischi di obesità nei bambini.

Abbiamo visto fino ad ora come il sistema fisico e il sistema sociale siano saldamente legati. Esiste quindi un legame tra la dimensione materiale e la dimensione immateriale dello spazio urbano?

In altre parole, è possibile legare i temi inerenti alla vitalità e vivibilità degli spazi urbani ai caratteri ambientali nella progettazione dell'assetto fisico di uno spazio urbano?

La risposta ci può arrivare dal considerare due delle valenze che caratterizzano la progettazione ambientale: una è relativa all'aspetto tecnico, legato alla costruzione e al benessere, e una relativa all'aspetto estetico, quindi più legato alla percezione polisensoriale in cui può essere inquadrata la vivibilità di uno spazio secondo l'accezione che ne ha dato Lynch negli anni '80. In quest'ottica lo spazio urbano è una combinazione di sistemi, in particolare quello sociale e quello fisico, che esprimono esigenze di carattere differente: il sistema sociale esprime delle esigenze legate all'uso, mentre il sistema fisico esigenze di carattere ambientale.

In Europa il punto di svolta di questo nuovo approccio risale alle esperienze degli anni '80 '90 (le esperienze europee di rinnovo urbano di centri già citate, i grandi eventi come le "Expo" di Siviglia e di Oporto che hanno avuto un'interessante ricaduta sperimentale...). Da allora diventa chiaro che creare spazi urbani di qualità ambientale elevata significa migliorare ed incentivare le relazioni sociali tra le persone, e si capisce anche che un progetto di qualità non può prescindere dalla soddisfazione dei requisiti di comfort ambientale.



Fig. 2.1 Esempio di spazio urbano altamente frequentato. Rambla de Catalunya, Barcellona.



Fig. 2.2 Strategia di raffrescamento di uno spazio esterno basato sull'uso combinato di vegetazione e acqua: pergola "raffrescata" realizzata in occasione dell'Expo di Siviglia del 1992.

Per *comfort* si intende quell'insieme di condizioni in cui l'individuo esprime soddisfazione nei confronti dell'ambiente che lo circonda. Esistono vari metodi per valutare le condizioni di comfort: per esempio utilizzando degli indici empirici

derivati da metodi che mettono in relazione le condizioni microclimatiche con il benessere fisiologico. Tuttavia i metodi per valutare le condizioni di comfort non riescono a comprendere tutti i fattori che lo determinano: quando si parla di comfort termico in esterno, le componenti psicologiche e sociali sono tutt'altro che trascurabili anche se sono poco valutate anche per difficoltà metodologiche. Valutare quindi le condizioni di comfort termico per una persona significa verificare come le condizioni ambientali di uno spazio urbano possono essere percepite da un soggetto sottoposto ad una serie di stimoli sensoriali di natura termica/radiativa e quindi valutare non solo la risposta fisiologica ma come questa interagisce con gli aspetti motivazionali e cognitivi propri della percezione. Purtroppo gli studi analitici che permettono di valutare la complessità della percezione termica e, in generale, polisensoriale, sono ancora relativamente rari. Ma ormai è chiaro che il comfort polisensoriale è un processo largamente adattivo in funzione delle variabilità temporali (giornaliera e stagionale) degli stimoli e delle condizioni psico-cognitive. Questo fatto si verifica soprattutto all'esterno dove si hanno condizioni caratterizzate da una forte variabilità.

Anche Höppe riscontra nei suoi studi l'importanza dell'aspetto psicologico, che gioca un ruolo importante sia all'interno che all'esterno. In più, all'esterno, l'aspettativa e la "storia termica" giocano un ruolo fondamentale. Tra i suoi studi, uno realizzato in una spiaggia italiana, registrava delle condizioni di comfort veramente disagiati con un PET superiore a 40 °C.

In questa situazione, sostiene Höppe, le persone si espongono volontariamente e consapevolmente. Il fatto che la spiaggia rappresenti un luogo molto particolare in termini di aspettativa, è dimostrato anche nello studio "beach study" condotto a Queensland (Australia). L'autore ha anche rilevato una discrepanza tra il bilancio termico calcolato e la sensazione termica riportata dai vacanzieri intervistati che considerano comfort una situazione nella zona definita "calda". Ciò significa che le persone nella spiaggia hanno mediamente una preferenza termica, tra poco caldo e caldo, che rispecchia l'aspettativa di un luogo come la spiaggia in piena estate. In altri termini l'aspettativa in condizioni specifiche può modificare la soglia di comfort.

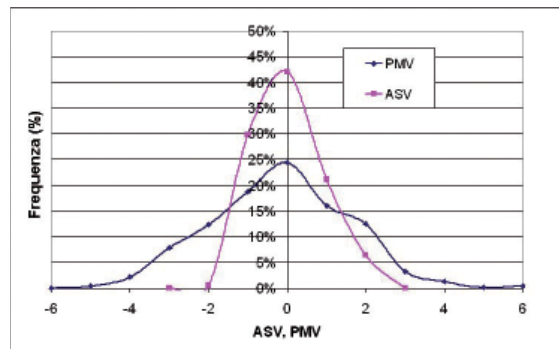


Fig. 2.3 Discrepanza tra condizioni di comfort misurate (PMV) e percepite (ASV).

In modo approssimativo potremmo dire che la componente di “risposta fisiologica” ha un peso quasi uguale a quella psicologica come si può vedere dalla fig. 2.3 che fa vedere la differenza verificata sperimentalmente tra il voto di sensazione espresso dall’utente su intervista (ASV) e la contemporanea valutazione con indicatori di confort valutati con le misure dei parametri climatici (PMV).

## 2.2 Categorie di spazi urbani

Quando si interviene con processi di rigenerazione ambientale nella rete di spazi urbani occorre prima di tutto avere una visione che interessa le connessioni delle diverse tipologie di spazi urbani. Per questo motivo è importante conoscere le tipologie di spazi urbani (quindi all’interno della città) che si possono classificare in 2 categorie base: lo spazio legato prevalentemente al transito e lo spazio destinato alle attività situate e ricreative e al transito pedonale.

All’interno della classificazione delle strade urbane, il Codice della Strada italiano individua:

- strade urbane di scorrimento;
- strade urbane di quartiere;
- strade locali e itinerari ciclopeditoni.

Tralasciando le strade urbane di scorrimento, dedicate prevalentemente al traffico veicolare, le strade urbane di quartiere e le strade locali meritano attenzione per il fatto che esiste una commistione di traffico veicolare e pedonale caratterizzata, come specifica il nuovo Codice della Strada, (in particolare per le strade locali e gli itinerari ciclo-pedonali), da una sicurezza intrinseca a tutela dell’utenza debole della strada.

*E – Strada urbana di quartiere:* strada ad unica carreggiata con almeno due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi; per la sosta sono previste aree attrezzate con apposita corsia di manovra, esterna alla carreggiata.

*F – Strada locale:* strada urbana o extraurbana opportunamente sistemata non facente parte degli altri tipi di strade.

*F-bis. Itinerario ciclopeditone:* strada locale, urbana, extraurbana o vicinale, destinata prevalentemente alla percorrenza pedonale e ciclabile e caratterizzata da una sicurezza intrinseca a tutela dell’utenza “debole” della strada.

Dove la dimensione lo consente si ha la possibilità di separare il traffico veicolare dal traffico pedonale, come nel caso dei viali con marciapiedi ampi e alberati che possono ospitare attrezzature per le attività dei pedoni. In alternativa le strade possono essere organizzate in forma di *rambla*, definito come spazio pedonale ad alta occupazione, separato dai fronti degli edifici, con circolazione dei veicoli su entrambi i lati e dove l’area pedonale ha normalmente una dimensione maggiore dello spazio riservato ai veicoli.

La tendenza europea e recentemente anche italiana è di “pedonalizzare” le strade di quartiere o locali, e nel caso in cui sia prevista anche la circolazione veico-

lare essa è limitata nel tempo (carico e scarico, emergenze, accesso ai garage) e nella velocità di percorrenza (strade +5-10 km /ora).

Lo spazio riservato alle attività situate e ricreative all'interno della città è rappresentato prevalentemente da piazze, ma anche da altri tipi diversamente caratterizzati, e in particolare:

- parchi e giardini fino a 5.000 m<sup>2</sup>: superficie vegetata situata all'interno di un quartiere o contigua ad uno spazio privato, con un'ampia superficie permeabile e/o verde;
- spazio di sosta di quartiere: area di sosta semi-pubblica situata all'interno di un quartiere;
- spazio di sosta ad uso locale: spazio con tipologia di giardino o piazza con superficie inferiore a 500 m<sup>2</sup>;
- spazio di sosta esterno al quartiere: spazio di sosta semipubblico all'interno del quartiere, caratterizzato da traffico limitato;
- "piazza grande": con superficie superiore generalmente ai 5.000 m<sup>2</sup> e presenza di area permeabile e/o verde variabile (normalmente limitata);
- piazza locale: con superficie tra 500 m<sup>2</sup> e 2.000 m<sup>2</sup> e presenza di area permeabile e/o verde variabile.

La classificazione degli spazi urbani proposta da Cooper Marcus, deriva da un mix di forma ed è articolata in sei tipi di spazi urbani, dei quali a noi interessano i cinque più importanti.

**La piazza tradizionale:** se localizzata in corrispondenza di spazi ed edifici con diversa destinazione d'uso (abitazioni, uffici, negozi) attira, anche da grande distanza, una grande varietà di utilizzatori (per età, genere, ...), rispetto agli altri tipi di spazi urbani. Questo tipo di piazza è spesso flessibile perché ha la possibilità di ospitare persone per attività come leggere, osservare, mangiare, ma anche caffè e occasionalmente mercati, esibizioni, spettacoli e concerti. È uno spazio che stimola il senso di appartenenza e a seconda dei casi è considerato il cuore della città.

All'interno di questo tipo si differenziano:

- la *plaza* (piazza di grandi dimensioni): area prevalentemente mineralizzata situata al centro della città e quindi con un'alta visibilità. È lo spazio della città spesso scelto per manifestazioni sia culturali, come spettacoli e concerti, che politiche;
- la piazza (di medie e piccole dimensioni): si trova spesso nel centro storico delle città, dove si innestano svariate funzioni ed attività. Per questo motivo attira una grande varietà di persone. Al contrario di altri tipi di piazza, non è necessariamente riconoscibile dalla presenza di un edificio particolare; delimitata da strade su almeno due lati, è caratterizzata da un equilibrio armonioso tra materiali mineralizzati e vegetazione. Spesso si trovano monumenti, fontane o statue.



**La piazza-strada:** è una piccola porzione di spazio urbano immediatamente adiacente alla strada. Spesso è costituita da un allargamento del passaggio pedonale, un'estensione della stessa o un passaggio coperto da portici. Generalmente viene usata per sedersi un breve periodo, aspettare, osservare.

All'interno di questo tipo si individuano:

- **bordo:** un muro ad altezza seduta o il bordo laterale di una scalinata;
- **allargamento percorso pedonale:** porzione di percorso pedonale attrezzata con blocchi per sedersi, scale, panchine, usate soprattutto per l'osservazione dei passanti;
- **fermata del bus:** porzione di percorso pedonale riservato a chi attende il bus, fornito a volte di panchine, chiosco per il riparo dal sole e la pioggia;
- **collegamento pedonale:** passaggio, all'esterno, che collega due spazi urbani, come 2 piazze, a volte abbastanza ampio da ospitare delle piante;
- **nicchia solare:** ampliamento della base di un blocco edificato dove si incontrano due strade e si forma una piccola piazza che consente l'accesso solare durante l'ora del pranzo, usata per sedersi ad osservare o consumare il pranzo;
- **la piazza porticata:** un percorso pedonale che si estende sotto il porticato, attrezzato a volte con panchine o sedie.

**Oasi urbana:** è una piazza molto vegetata, che appare come un giardino o un parco e abbastanza isolata dalla strada. Questo tipo di piazza è molto usato per leggere, socializzare e per consumare cibo.

All'interno di questa classificazione si riconoscono:



Fig. 2.4 La piazza tradizionale. Piazza Petazzi a Sesto San Giovanni (Mi).



- area per pranzare all'esterno: ben separata dalla strada da un cambio di livello o un muro o attrezzature urbane utilizzate per il consumo del cibo. È spesso vegetata, attrezzata con sedute adeguate e spesso sono presenti caffè e ristoranti;
- oasi giardino: piccola piazza isolata dal traffico veicolare, che l'ampia varietà di vegetazione e spesso anche acqua fa assimilare ad un giardino;
- tetto giardino: l'area di tetto piano attrezzata come un giardino, per sedersi, osservare, leggere. L'accesso è spesso poco segnalato, quasi per scoraggiarne un uso troppo intenso.

**Strada pedonalizzata:** quando una strada viene preclusa al traffico veicolare assume il ruolo di una piazza, cioè un posto dove ci si può sedere, mangiare osservare. Spesso questi spazi sono delimitati dalla presenza di negozi e orientati prevalentemente ad attività di spostamento. La pavimentazione viene spesso sostituita, viene aggiunta vegetazione e attrezzata per le attività consentite.



Fig. 2.5 Esempio di strada pedonalizzata, commerciale, altamente frequentata: via Dante a Milano.

All'interno di questa classificazione si riconoscono:

- via commerciale pedonale: strada completamente chiusa al traffico, con attrezzature permanenti riservate ai pedoni;

- via commerciale pedonale a traffico limitato: questa strada consente il traffico veicolare privato in maniera limitata, magari solo per alcune ore o su corsie riservate;
- via commerciale transitabile: questa strada consente il traffico veicolare limitatamente ai mezzi pubblici, ed è preclusa al traffico privato.

**Spazio di transito:** è una piazza creata per consentire un facile interscambio (accesso in ingresso e in uscita).

Uno di questi è, per esempio, l'area dei terminal di molti mezzi pubblici, che attira molte persone in transito. Questo spazio ospita tra l'altro in maniera permanente edicole, venditori di fiori, bar. Benché il tipo di spazio non incoraggi la permanenza di persone, tuttavia è possibile trovare molti intrattenimenti, venditori e persone che osservano il transito di veicoli e persone.

Un altro tipo di spazio di transito è rappresentato dalla nuova piazza - la "plaza"- nelle aree dei grandi supermercati. Anche in Italia si stanno diffondendo interventi che prevedono non solo l'edificio commerciale ma anche altre attività connesse (bar, edicole, gelaterie...) e spazi aperti che incoraggiano la permanenza delle persone, non solo chi fa la spesa ma anche chi vive lo spazio aperto come nuovo spazio di aggregazione.

Un'altra classificazione degli spazi aperti riguarda l'uso, o meglio il flusso, ed è stata introdotta da Chermayeff e Alexander fin dai primi anni '70. Come dicono gli autori gli spazi pubblici possono essere organizzati secondo un sistema gerarchico, e sono misurabili in termini di densità/intensità/frequenza e mescolanza d'uso.

La gerarchia permette di leggere il passaggio dal dominio pubblico a quello strettamente privato passando attraverso la sfera del semipubblico e del semiprivato:

- *spazio pubblico* è un dominio pubblico che non impone limitazioni temporali. È la tipica piazza o strada sempre aperta;
- *spazio semipubblico* è uno spazio che, sebbene sia di proprietà pubblica impone delle restrizioni legate all'uso: per esempio un parco che chiude la sera;

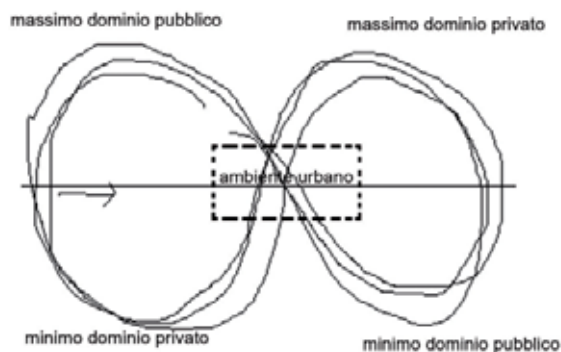


Fig. 2.6 Rappresentazione del flusso dal dominio privato a quello pubblico attraverso il dominio semiprivato e semipubblico.

- *dominio semiprivato* fa riferimento ad uno spazio di proprietà privata ma destinato all'uso pubblico. Anche in questo caso lo spazio si chiude generalmente durante la notte come, ad esempio le *plaza* americane che si stanno diffondendo anche in Italia;
- *spazio privato* è ad uso esclusivo di chi vi abita, come, ad esempio, il cortile privato condominiale.

### 2.3 Il controllo del microclima negli spazi aperti

Per poter valutare le prestazioni ambientali di uno spazio aperto è importante riuscire a riconoscere gli elementi fondamentali che ne influenzano significativamente il clima e, di conseguenza, le condizioni di comfort termico per una persona che svolga all'aperto attività di tipo "situato" o di "spostamento".

In realtà gli elementi che andiamo a valutare influenzano il clima specifico di un'area molto limitata, definita *microclima*. Katzschner definisce il "clima ideale" la situazione atmosferica all'interno dello strato limite urbano con un'elevata variabilità nel tempo e nello spazio tale da sviluppare condizioni termiche disomogenee per l'uomo fino ad una distanza di 150 metri. Potrebbe essere libera da inquinamento e stress termico grazie all'ombreggiamento e la ventilazione (in particolare nelle aree tropicali) o la protezione dal vento (climi temperati e freddi). Negli ultimi tempi si tende a dare molta importanza a tutto ciò che può essere compreso nell'ambito del "paesaggio radiante", intendendo per paesaggio radiante l'insieme dei fenomeni legati alla radiazione solare e termica.

Se in uno spazio urbano a livello del suolo le variazioni di temperatura dell'aria, velocità del vento e umidità relativa possono essere poco rilevanti, molto più importante è l'esposizione, a diverse intensità di radiazione solare (al sole, in mezz'ombra, all'ombra) e le differenze di temperatura media radiante - TMR. L'esposizione al sole può variare di un fattore di 20 passando da una condizione di pieno sole - circa  $800 \text{ w/m}^2$  - ad una condizione di ombra -  $70/85 \text{ w/m}^2$ . La TMR, media della temperatura delle superfici che circondano il corpo di una persona, come noto, è il parametro sintetico che riassume in sé il contributo di temperatura dell'aria, radiazione solare sulla persona e velocità dell'aria. In un punto dello spazio al sole, in un pomeriggio estivo a Milano, nel quale la temperatura dell'aria è di  $31^\circ\text{C}$  e la radiazione di circa  $460 \text{ w/m}^2$ , la TMR è di circa  $50^\circ\text{C}$ . Allo stesso tempo, un punto della stessa piazza, che è stato tutto il giorno all'ombra ha una TMR di  $30^\circ\text{C}$ , valore molto vicino alla temperatura dell'aria. La valutazione del comfort termico viene generalmente compiuta utilizzando indici derivati da metodi che mettono in relazione le condizioni microclimatiche con il benessere fisiologico. In particolare esistono indici di tipo analitico, che considerano gli scambi di flusso di calore tra corpo umano ed ambiente e le variazioni di questo flusso in relazione alla variazione dei fattori ambientali.

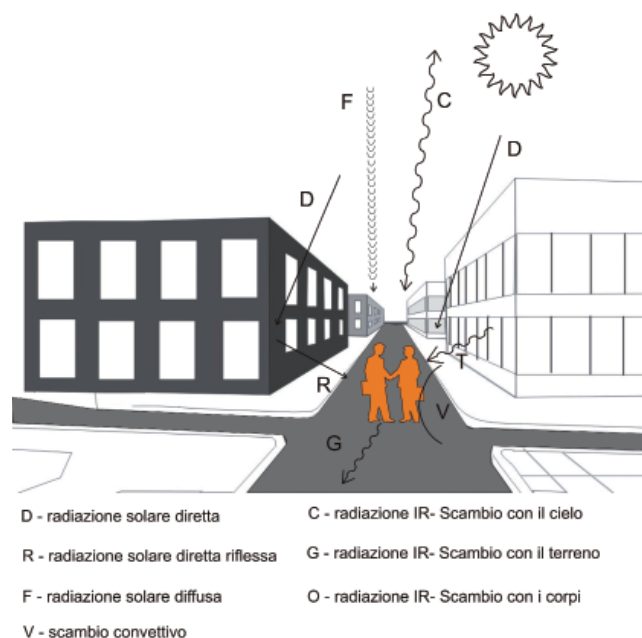


Fig. 2.7 Scambi radianti tra l'uomo e l'ambiente circostante.

Gli indici più utilizzati sono il PET, PMV e il bilancio termico<sup>1</sup>. Questi indici di valutazione del comfort rappresentano la soluzione di un'equazione che contiene informazioni relative agli scambi energetici, dove i valori di TMR assumono particolare importanza.

Le prestazioni ambientali di una piazza o di una strada possono essere migliorate modificando uno o più elementi che ne caratterizzano il microclima, per esempio controllando, e quindi modificando, gli effetti della radiazione sullo spazio urbano.

I principali elementi che interferiscono con il campo radiante, modificando il microclima di uno spazio urbano, sono: la morfologia, i sistemi di ombreggiamento, la vegetazione, l'acqua e i materiali che costituiscono i limiti verticali e orizzontali.

### 2.3.1 Morfologia

La morfologia urbana riveste un'importanza fondamentale nel determinare il microclima urbano. Quando si parla di morfologia urbana si intende il sistema di spazi creati dalla forma degli edifici. Una prima valutazione della morfologia può essere fatta sulla base della determinazione della maglia urbana. A questo proposito risulta illuminante il contributo di S. Los che propone un modello

<sup>1</sup> Esistono anche indici di tipo grafico, come le carte psicometriche (carte bioclimatiche di Olgyay e Givoni) e indici di tipo empirico, basati sulla raccolta di dati attraverso test, statistiche, questionari e misure riferite alle sensazioni percepite e basate sulla correlazione dei vari fattori (TE, TO)

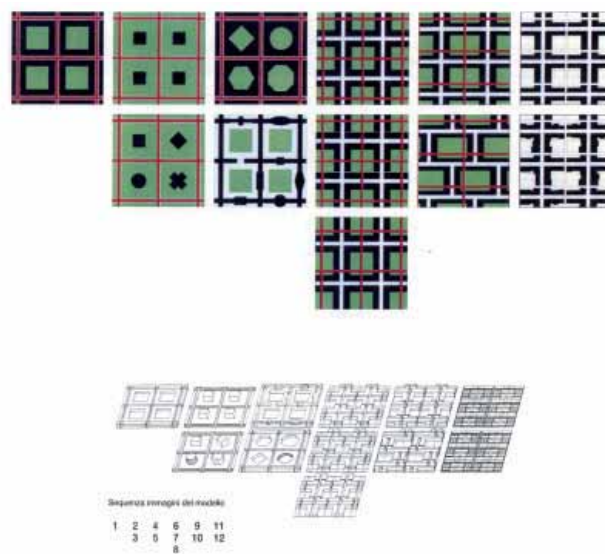


Fig. 2.8 Evoluzione dei modelli morfologici urbani (Los).

teorico per definire l'articolazione dello spazio urbano in relazione agli edifici. Il modello, una sorta di "grammatica tipologica" è riportato in Fig. 2.8 e rappresenta un argomento a favore della città compatta e della sua fattibilità. Come egli sostiene, *"le configurazioni civiche sono state rettificare per rendere meglio leggibili gli argomenti in esse contenuti, si possono riferire a situazioni diverse mediante gli opportuni adeguamenti che rappresentano variazioni del modello tipologico. I primi quadrati (1) mostrano le città storiche, i successivi (2) evidenziano la rimozione degli isolati, sostituiti dai blocchi edilizi monolitici isolati nel verde, effettuata dal Movimento Moderno. Si vedono oggetti edilizi diversi per forma ma non per relazione con lo spazio urbano (3). In seguito vi sono i tentativi di introdurre nuovi isolati che costituiscono grandi oggetti edilizi forati da corti interne (4) mentre si può riconoscere nei successivi l'accento posto sullo spazio urbano, su ciò che abbiamo chiamato architettura civica, quando esso diventa figura mentre l'isolato va sullo sfondo (5). Posto l'accento sui vari tipi di architettura civica possiamo distinguere due reti intrecciate di circolazione: quella pedonale e quella veicolare (6). La soluzione proposta consente di conservare la completa accessibilità pedonale e veicolare in tutte le località urbane. L'evoluzione dell'isolato come isolato solare porta a differenziare i tipi edilizi nei diversi lati che lo costituiscono (7) e a spostare le strade veicolari nelle aree meno soleggiate (8).*

Considerando il tessuto urbano non dobbiamo dimenticare l'orientamento dello stesso, e dunque delle strade, che permette/impedisce la presenza della radiazione solare e di venti e brezze nei vari momenti dell'anno.

Una strada in asse est-ovest che ha quindi le facciate degli edifici rivolte a nord e sud, è caratterizzata da una forte anisotropia, data dal fatto che la facciata

che si trova a nord, rivolta dunque a sud viene raggiunta da radiazione solare dalla fine della mattinata fino al pomeriggio, mentre la facciata che si trova a sud, rivolta quindi a nord è praticamente sempre in ombra.

Al contrario una strada in asse nord-sud, che ha le facciate rivolte a est e ovest ha un comportamento “simmetrico”. La mattina la facciata esposta a ovest riceverà la radiazione solare del mattino, e al pomeriggio sarà in ombra. Al contrario la facciata che si trova a est, sarà raggiunta da radiazione solo al pomeriggio, mentre sarà all’ombra per tutta la mattina.

Nella descrizione della morfologia urbana si tengono in considerazione una serie di fattori ed in particolare i rapporti dimensionali tra gli elementi verticali e orizzontali, (come pareti degli edifici prospicienti e pavimentazione –  $H/D$  per strade,  $D1/H/D2$  per piazze) ed orientamento, che consentono di creare una correlazione con la qualità dell’ambiente. In particolare si possono valutare l’influenza della geometria architettonica sulla luce solare, il vento e il rumore negli spazi aperti. Per esempio, i tessuti urbani compatti di tipo medievale ( $H/D \geq 3$ ) presentano una minore esposizione al sole e al vento che, nei nostri climi, determina una diminuzione della temperatura di sensazione in estate e in inverno.

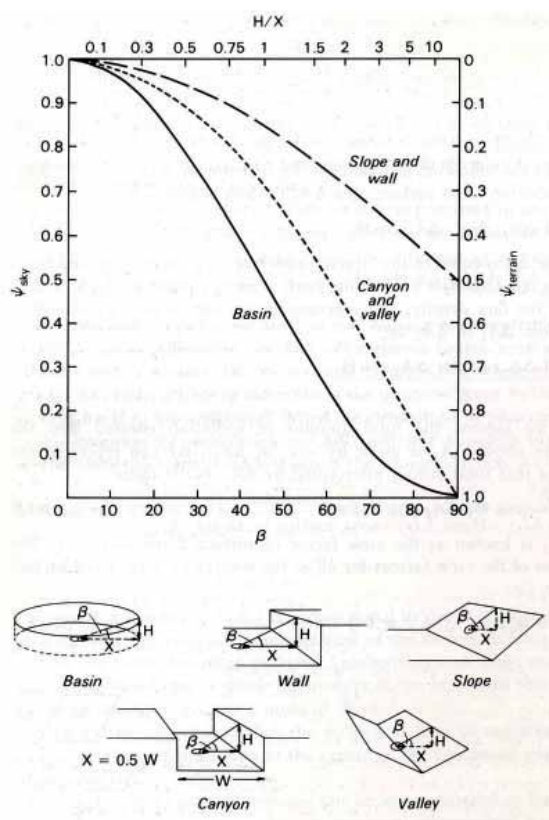


Fig. 2.9 Fattori di vista per strutture urbane comuni. I valori si riferiscono ai punti evidenziati negli schemi riportati sotto il nomogramma (Slope and wall = scarpata e muro; canyon and valley = canyon e valle; basin = bacino).



Tra i parametri fondamentali deve essere considerato il fattore di vista del cielo (Sky View Factor – SVF), che consiste semplicemente nella misurazione tridimensionale dell'angolo solido della vista del cielo da uno spazio urbano. Esso determina lo scambio di radiazione solare diretta, diffusa e di calore radiante tra lo spazio urbano e il cielo. Se l'SVF è 1 significa che la vista del cielo è totale, ad esempio all'aperto, con la conseguente stretta correlazione tra temperature dell'aria e valori meteorologici. Se l'SVF è 0 significa che la vista del cielo è totalmente ostruita e conseguentemente le temperature sono fortemente legate al contesto urbano. Pertanto, in una cittadina medievale con strade molto strette ci si può aspettare che il fattore SVF sia basso, intorno a 0.2, mentre in un ambiente urbano più aperto, con strade ampie e vasti spazi, l'SVF sarà intorno allo 0.8.

Esiste dunque una relazione tra H/D e SVF come dimostra lo schema riportato in Fig. 2.9.

In una qualsiasi città possono esserci dei valori tipici di SVF che sono collegabili alla densità del tessuto urbano e che determinano uno scostamento generale di temperatura dell'aria dai dati meteorologici, rilevati generalmente fuori dalle città. In termini di progettazione, il fattore di vista del cielo è direttamente correlato all'effetto isola di calore urbana.

Tale fattore esercita una forte influenza sulle variazioni di temperatura nell'ambiente urbano.

Come sostiene Oke, esiste una correlazione molto stretta tra la geometria del canyon urbano nel centro di una città e l'intensità massima di isola di calore urbana.

La relazione dimostra che la geometria urbana rappresenta un controllo fondamentale dell'isola di calore urbana. La geometria urbana e la densità dello sviluppo sono note per influenzare processi come l'"intrapopolamento" della

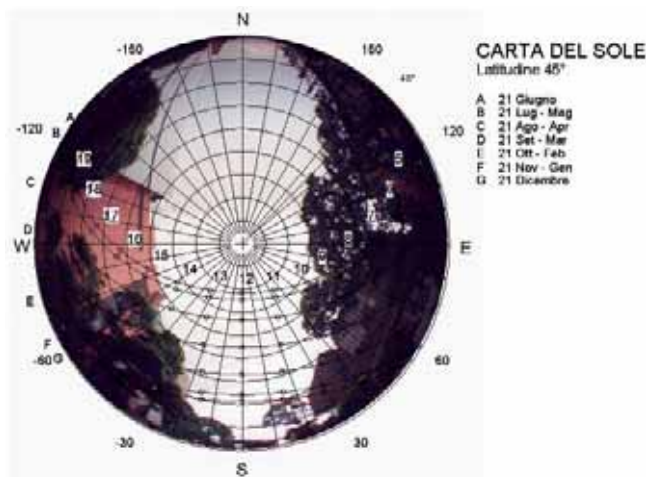


Fig. 2.10 SVF determinati tramite diagramma polare con fotografia fisheye (a sinistra) e tramite DEM (Digital Elevation Model, Cambridge University).

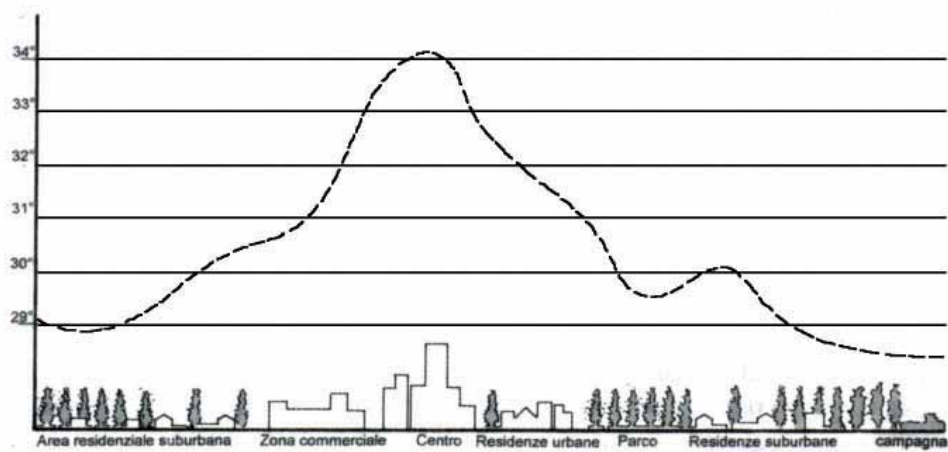


Fig. 2.11 Rappresentazione dell'isola di calore urbana in uno skyline che comprende aree residenziali suburbane e urbane, zone commerciali, parchi e campagne.

radiazione incidente e la riemissione della radiazione infrarossa dalle superfici, la riduzione del trasporto delle turbolenze dovute alla generale diminuzione dell'intensità dei venti nei contesti urbani.

Visivamente, un fattore di vista del cielo elevato dà una sensazione di “apertura” dello spazio esterno, un aspetto questo che assume notevole rilevanza in termini di fruizione degli spazi aperti.

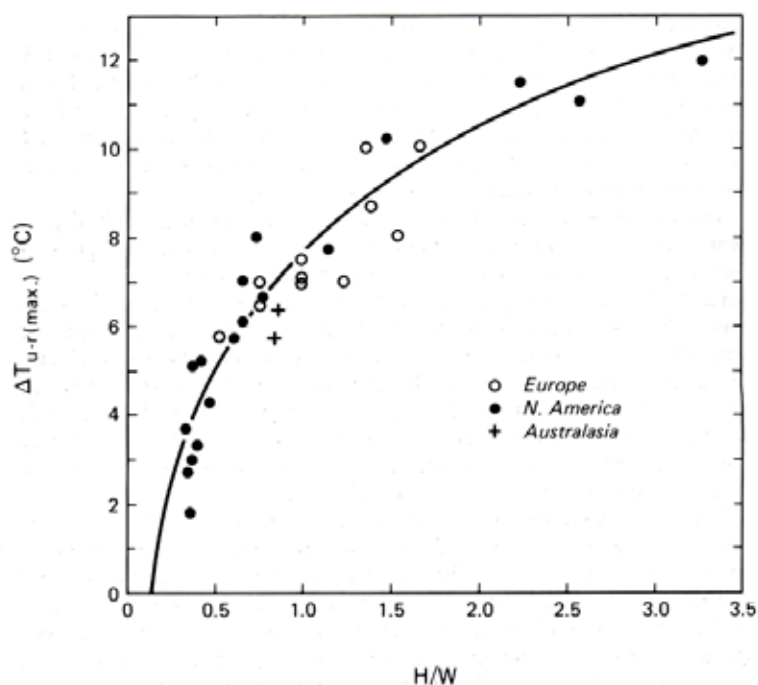


Fig. 2.12 Relazione tra la massima intensità di isola di calore urbana ( $\Delta T_{u-r(max)}$ ) e il rapporto H/D (altezza/ampiezza) del canyon urbano nel centro di 31 città (Oke, 1981).

Altro fattore utile nella descrizione del funzionamento ambientale della morfologia è la mappatura della radiazione solare incidente e dell'andamento complementare dell'ombra nello spazio urbano.

Mappare l'ombreggiamento significa rilevare i dati delle zone d'ombra per ogni ora della giornata per le diverse stagioni e sovrapporre queste immagini per ottenere un profilo annuale di ombreggiatura del sito in esame. L'accesso alla radiazione solare e l'ombreggiamento sono elementi importanti da considerare in fase di progettazione, soprattutto in termini di radiazione e di irraggiamento.

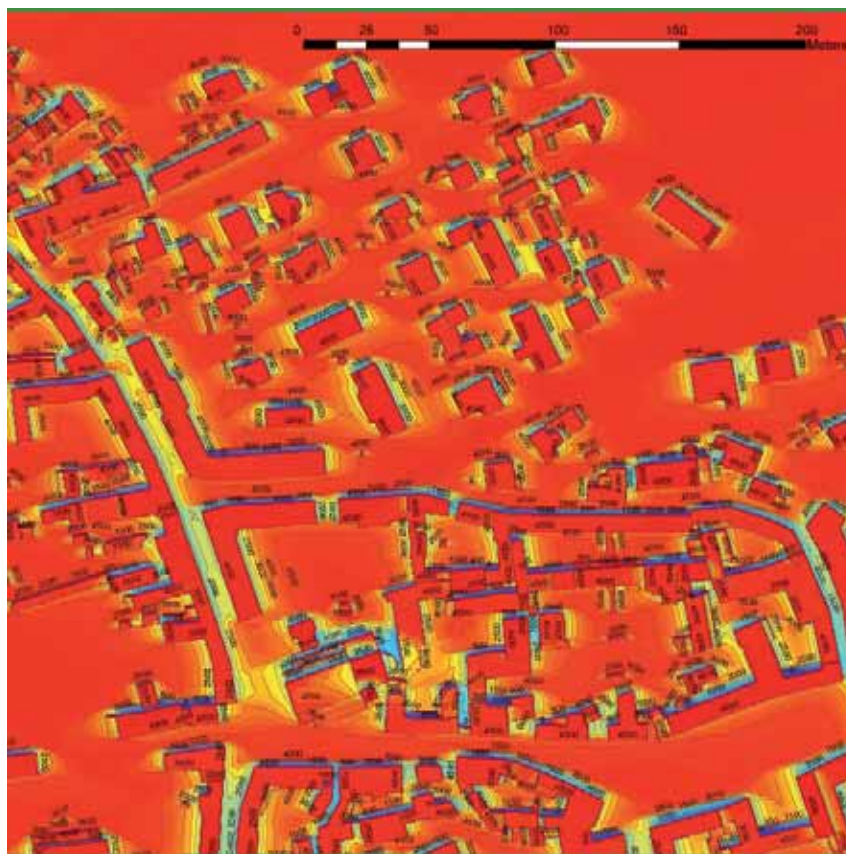


Fig. 2.13 Mappa della radiazione diretta giornaliera, rappresentativa della media mensile, espressa in Wh/mq, nel mese di Luglio, comune di Albairate, Milano (realizzazione di Matteo Clementi).

### 2.3.2 I materiali

Parlando di materiali urbani dobbiamo soffermarci soprattutto su quelli che si utilizzano nelle pavimentazioni, perché sono gli elementi dello spazio urbano, che, essendo in estate più sollecitati dalla radiazione, hanno temperature superficiali più elevate e quindi intervengono più degli altri nella determinazione delle condizioni di benessere delle persone. Non bisogna tuttavia trascurare le superfici verticali o molto inclinate, particolarmente quelle orientate ad ovest

perché il loro carico termico radiativo si “somma”, con effetto sul discomfort, alla maggiore temperatura dell’aria nel pomeriggio.

Le proprietà dei materiali che interessano sono le proprietà termofisiche, cioè l'albedo (il coefficiente di riflessione, legato prevalentemente al colore), l'emissività e la capacità di accumulare il calore. Negli ultimi anni sono stati condotti studi approfonditi riguardanti le prestazioni termiche e l'impatto del comportamento termico dei materiali usati nelle pavimentazioni, nelle coperture e nelle facciate sulle condizioni di comfort. La tabella 2.1 fornisce i valori di albedo ed emissività di alcuni tipi di materiali largamente utilizzati per pavimentazioni e pareti delle strutture urbane.

MATERIALE	CALCESTRUZZO	MATTONE ROSSO	LEGNO PIALATO DA POCO	VERNICI BIANCHE	VERNICI GRIGIE	GHIAIA	SABBIA
Albedo	0,3	0,3	0,4	0,85	0,03	0,72	0,24
Emissività	0,94	0,9	0,9	0,96	0,87	0,28	0,76

Tab. 2.1 Alcuni materiali usati per pavimentazioni esterne con valori di albedo ed emissività corrispondenti.

Come si è detto precedentemente, per migliorare le condizioni di comfort negli spazi urbani, e quindi per ridurre il guadagno termico, è necessario limitare l'assorbimento delle componenti visibile ed infrarossa della radiazione solare che sono all'incirca il 50% ciascuna della radiazione globale.

L'uso di materiali “freddi” migliora le condizioni di comfort termico durante il periodo estivo. Questi materiali riducono l'assorbimento della radiazione solare termica e riflettono quella visibile verso l'ambiente, mantenendo in questo modo la loro superficie ad una temperatura più bassa. Usando i materiali “freddi” nella progettazione dell'ambiente urbano si contribuisce ad abbassare le temperature superficiali che interessano gli scambi termici con l'aria.

Occorre però stare molto attenti nella scelta di materiali molto chiari che hanno una riflessione molto elevata, tipo il marmo bianco, perché provocano fenomeni di elevata riflessione della radiazione solare con aumento del carico termico, e quindi del discomfort sulle persone, nonché problemi di abbagliamento quando la radiazione solare è bassa sull'orizzonte.

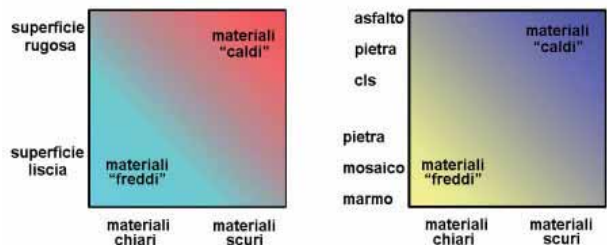


Fig. 2.14 Materiali da pavimentazione caldi e freddi.

Anche per questi motivi sono stati introdotti recentemente tecnologie di trattamento superficiale che permettono di modificare il comportamento radiativo dei materiali indipendentemente dal loro colore. Questi nuovi prodotti di trattamento superficiale permettono di utilizzare materiali scuri che riflettono molto nella banda del vicino infrarosso (come fossero materiali molto chiari) mantenendosi “freddi”.

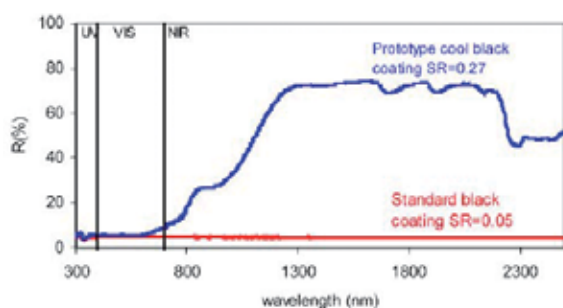


Fig. 2.15 Riflessione nello spettro della radiazione solare di due materiali neri, uno convenzionale (profilo in basso, retto) e uno fresco.

Confrontando due tipi di materiali di colore nero, uno convenzionale con uno nuovo, si è osservato che c'è una differenza di radiazione riflessa che va da 0,06 a 0,22 (che rappresenta il 44%). Nonostante dunque i colori siano simili, il materiale convenzionale presenta un livello di riflessione nel vicino infrarosso molto modesto, mentre il materiale innovativo presenta un assorbimento selettivo e riflette in maniera significativa la radiazione infrarossa.

Questi trattamenti superficiali sono molto interessanti perché permettono di fare mitigazioni microclimatiche in ambienti esistenti, senza cambiare i materiali, ad esempio in tutti i sistemi di coperture, come largamente sperimentato in California (Akbari, 2008). Naturalmente il loro impiego deve essere molto selettivo nelle pavimentazioni soggette ad abrasione per calpestio.

### 2.3.3 L'acqua

È l'elemento che ha funzione di raffrescare l'ambiente secondo due modalità: attraverso l'effetto di inerzia termica della massa d'acqua e attraverso l'evaporazione. L'utilizzo dell'acqua, in vasche o canali, viene proposta perché grazie all'evaporazione l'acqua sottrae calore all'aria portando quindi ad un abbassamento della sua temperatura.

L'effetto dell'inerzia termica (dovuto all'elevato calore specifico dell'acqua che è circa 5 volte superiore a quello dei materiali edili) è che specchi d'acqua anche poco profondi (20-25 cm) di giorno mantengono una temperatura superficiale vicina a quella dell'aria e quindi di gran lunga inferiore a quella di materiali scuri, che può raggiungere valori doppi rispetto a quelli della temperatura dell'aria.



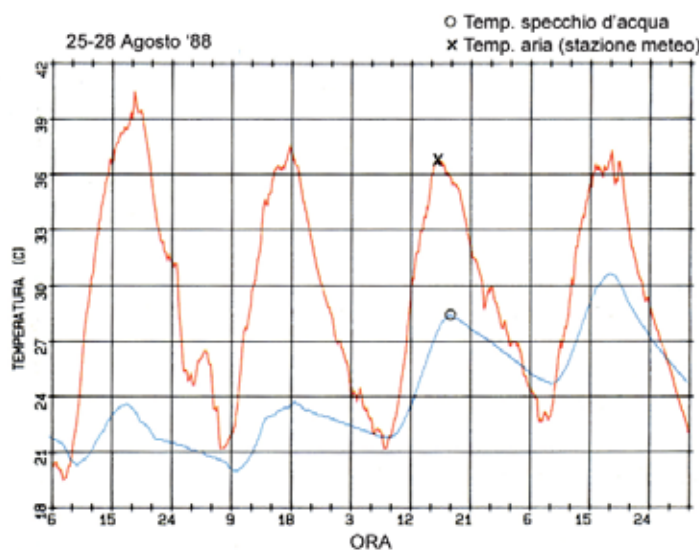


Fig. 2.16 Temperatura di uno specchio d'acqua nel confronto con la temperatura dell'aria.

L'evaporazione è associata alla ventilazione e contribuisce, anche dal punto di vista psicologico, al miglioramento delle condizioni di comfort. La percentuale di evaporazione dipende dalla superficie a contatto con l'aria, dalla temperatura e dall'umidità relativa.

I sistemi ad acqua più utilizzati sono fontane, getti, pareti d'acqua, il passaggio d'acqua sotterraneo e la micronizzazione, mentre tra gli aspetti psicologici che migliorano le condizioni di comfort c'è sicuramente anche il rumore dell'acqua in movimento che determina una percezione di "fresco".

In aree ombreggiate la temperatura dell'aria si abbassa e quindi l'uso di fontane, getti e cascate è da preferire in aree all'ombra, mentre la micronizzazione è più utile in presenza di radiazione solare.

### 2.3.4 La vegetazione

La vegetazione ha tre funzioni di mitigazione: ombreggiamento, riduzione delle temperature superficiali e quindi della TMR, evapotraspirazione.

Rispetto ai sistemi "artificiali" la vegetazione è un sistema "vivo" che adatta la propria struttura al variare dell'intensità di radiazione solare: ruotando le foglie in direzione dei raggi solari incrementa la propria efficacia di schermo solare, mentre la caduta delle foglie riduce la superficie captante al diminuire della radiazione.

In più, mentre gli altri sistemi di ombreggiamento hanno una limitata azione raffrescante (legata soprattutto alle proprietà fisiche dei materiali), la vegetazione ha degli effetti raffrescanti dovuti al fatto che la temperatura delle foglie è molto vicina alla temperatura dell'aria e quindi lo scambio radiante con una persona può essere anche di 25-30 °C inferiore a quello che si avrebbe con una

superficie ad elevata temperatura superficiale come una parete di mattoni o un pavimento di porfido scuro.

La massa fogliare assorbe la maggior parte della radiazione solare intercettata che viene utilizzata in minima parte per la funzione clorofilliana e la maggior parte riemessa verso l'ambiente.

La radiazione incidente sulla pianta viene:

- riflessa per il 20%;
- trasmessa per il 10%;
- trasformata in calore latente di evapotraspirazione per il 48%;
- trasformata in calore sensibile per il 20%;
- utilizzata per la fotosintesi per il restante 2%.

È opportuno ricordare che le quantità sono molto indicative, perché variano per tipo di essenza, età, condizioni pedoclimatiche ed idriche.

Per un approfondimento sull'argomento si rimanda ad una trattazione specifica (Scudo, Ochoa, Alessandro, Bernatsky).

Uno degli elementi che "condiziona" le percentuali sopra riportate è la densità, che in particolare determina la quantità di radiazione solare che, una volta

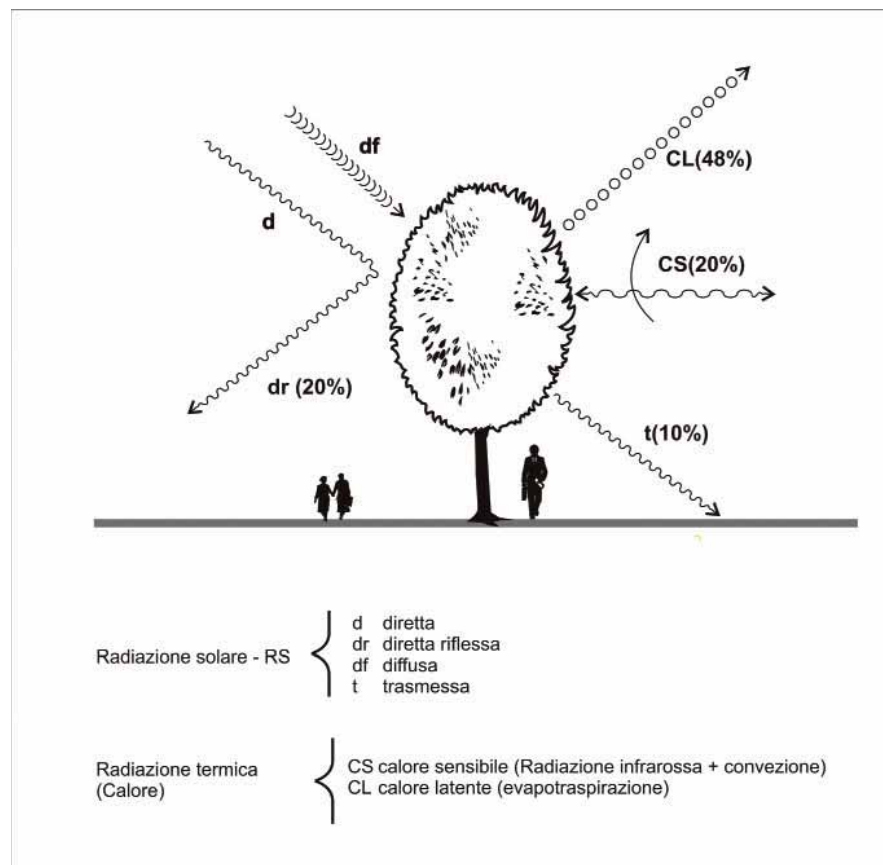


Fig. 2.17 Flussi energetici intorno ad un albero.

intercettata dalla pianta, viene trasmessa al suolo; è possibile quindi capire l'efficienza di un albero, in termini di capacità di ombreggiamento, considerando i coefficienti di trasmissione che caratterizzano le singole essenze, sia nel loro portamento invernale che estivo.

La densità varia a seconda della configurazione del suo sviluppo e della stagione. I coefficienti di trasmissione devono quindi essere definiti per differenti tipi di albero e stagione.

NOME BOTANICO	COEFFICIENTI DI OMBREGGIAMENTO (% DI TRASMISSIONE)	
	ESTATE	INVERNO
Acer platanoides	0,12	0,69
Acer rubrum	0,24	0,74
Acer saccharinum	0,17	0,71
Acer saccharum	0,16	0,69
Aesculus hippocastanum	0,11	0,73
Albizzia julibrissin	0,17	0,68
Amelanchier canadensis	0,23	0,57
Betula alba	0,18	0,62
Carya ovata	0,23	0,66
Catalpa speciosa	0,24	0,68
Celtis australis	0,08	0,53
Celtis occidentalis	0,12	
Crataegus laevigata	0,14	
Crataegus lavalleyi	0,11	
Eleagnus angustifoli	0,13	
Fagus sylvatica	0,12	0,83
Fraxinus excelsior	0,15	0,59
Ginkgo biloba	0,19	0,63
Gleditsia triacanthos	0,36	0,70
Juglans nigra	0,09	0,63
Koeleruteria paniculata	0,19	0,65
Liquidambar styracifula	0,18	0,65
Liriodendron tulipifera	0,10	0,73

(segue)

(continua)

Malus s.p.	0,15	0,85
Platanus acerifolia	0,14	0,55
Populus tremuloides	0,25	
Pyrus communis	0,20	0,60
Quercus palustris	0,22	0,75
Quercus robur	0,19	0,77
Quercus rubra	0,19	
Sophora japonica	0,22	
Tilia cordata	0,12	0,59
Ulmus americana	0,13	0,76
Ulmus pumila	0,15	0,50
Zelkova serrata	0,20	0,74

Tab. 2.2 Coefficienti di ombreggiamento per diverse specie nella stagione invernale (assenza di foglie) e in quella estiva (Scudo, Ochoa de la Torre, 2003).

Nel caso della presenza di alberature folte il contributo al microclima non deriva solo dall'ombra creata ma anche dalla riduzione della temperatura dell'aria attraverso l'evapotraspirazione, della temperatura superficiale del suolo e della radiante. Da misurazioni termiche con immagini infrarosse emerge che la temperatura della foglia è praticamente equivalente a quella dell'aria (Gruppo ABC, 1997), come già accennato. Per esempio si è osservato che la differenza di temperatura tra la parte superiore e la parte inferiore di una pergola è dell'ordine di 1-2 °C, che equivale a dire che la presenza della radiazione solare viene praticamente annullata. Di fatto la massa vegetale si comporta quindi come un "soffitto freddo". L'impiego della vegetazione in ambiente urbano può essere ricondotta ad una classificazione composta da tre tipologie, come descritto in maniera esaustiva in precedenti lavori (Scudo, Ochoa de la Torre 2003). In particolare si può parlare di configurazioni lineari, a gruppo e superficiali.

È opportuno ricordare in questa sede che l'azione che le varie configurazioni svolgono sul microclima non dipende solo dalla disposizione nello spazio ma, come già ricordato, dalle caratteristiche della forma, dalla densità e porosità della chioma, dal periodo di fogliazione e dai coefficienti di ombreggiamento (espresso in termini di percentuale di trasmissione).

Gli elementi lineari sono formati da alberi disposti in filari ad una distanza regolare, singoli o doppi, perlopiù utilizzati nelle strade.

Gli elementi a gruppo sono formati da un insieme di alberi che formano un continuum vegetato nelle due direzioni. A seconda della distanza del sesto d'impianto lo spazio vegetato può essere molto fitto, e fornire un'area totalmente

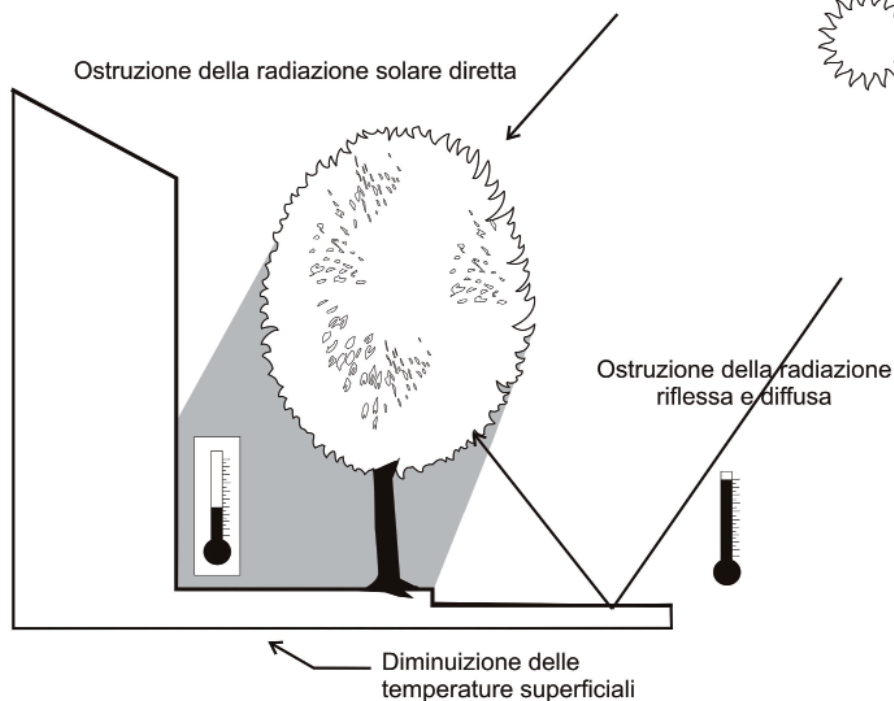


Fig. 2.18 Effetto microclimatico degli elementi vegetali in linea.

ombreggiata, o meno fitto se la distanza del sesto d'impianto aumenta. Data la forma che questa configurazione assume è possibile utilizzarla prevalentemente nei parchi, giardini e nelle piazze, soprattutto quelle di grandi dimensioni.

I principali effetti sul microclima si manifestano attraverso il controllo della radiazione solare, termica e della ventilazione.

L'effetto più evidente è senz'altro dovuto al fatto che la chioma, intercettando la radiazione solare, impedisce che questa raggiunga le persone nella zona sottostante, le superfici di pavimento e la parte inferiore degli edifici. Le essenze caducifoglie, che generalmente si utilizzano in ambiente urbano, hanno il doppio vantaggio di schermare la radiazione solo quando serve, cioè nella stagione estiva, e al contrario permettere l'accesso al sole durante l'inverno.

Con la configurazione a gruppo gli effetti sono maggiori rispetto agli elementi lineari perché l'area è più estesa e il fattore di ombreggiamento aumenta.

Anche per questo effetto la configurazione a gruppo risulta più efficace perché, a causa della dimensione dell'area interessata dalla presenza del gruppo di alberi, gli effetti della ri-emissione di radiazione al suo interno sono molto deboli e anche gli effetti termici di "bordo" appaiono più limitati e poco influenti. Come già evidenziato nel paragrafo 3.4 sui requisiti ambientali, la vegetazione è l'elemento più efficace per controllare il flusso del vento. In questa sede è opportuno specificare che le caratteristiche delle configurazioni verdi possono produrre effetti differenti.



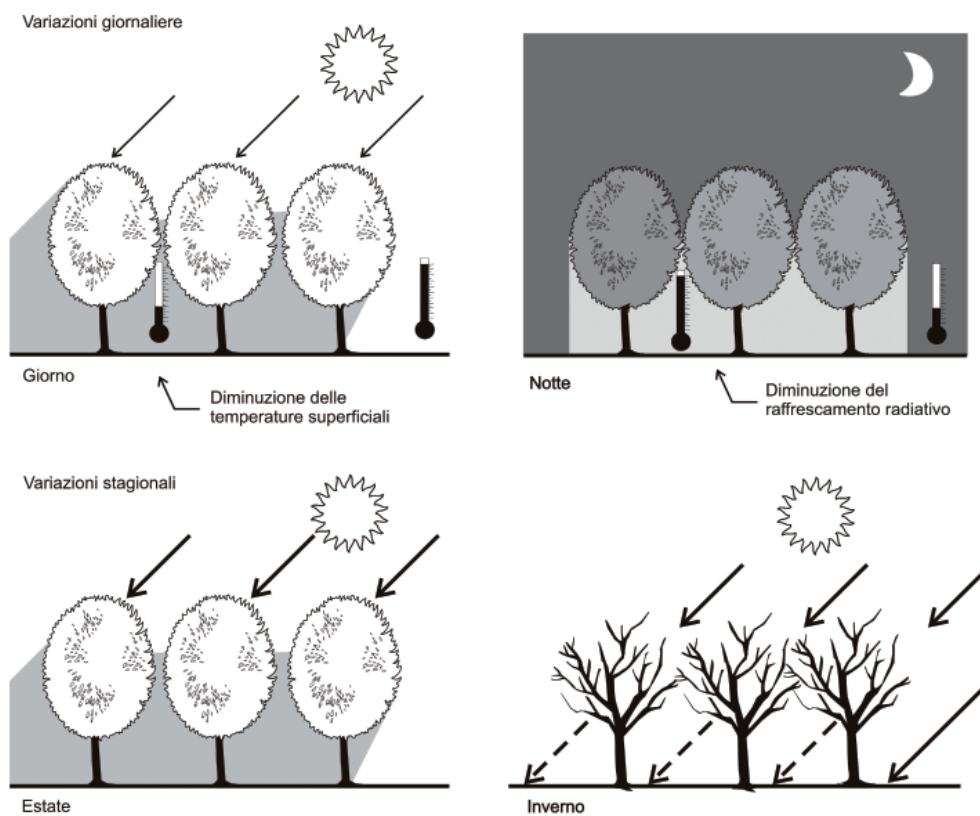


Fig. 2.19 Effetto microclimatico degli elementi vegetali a gruppo.

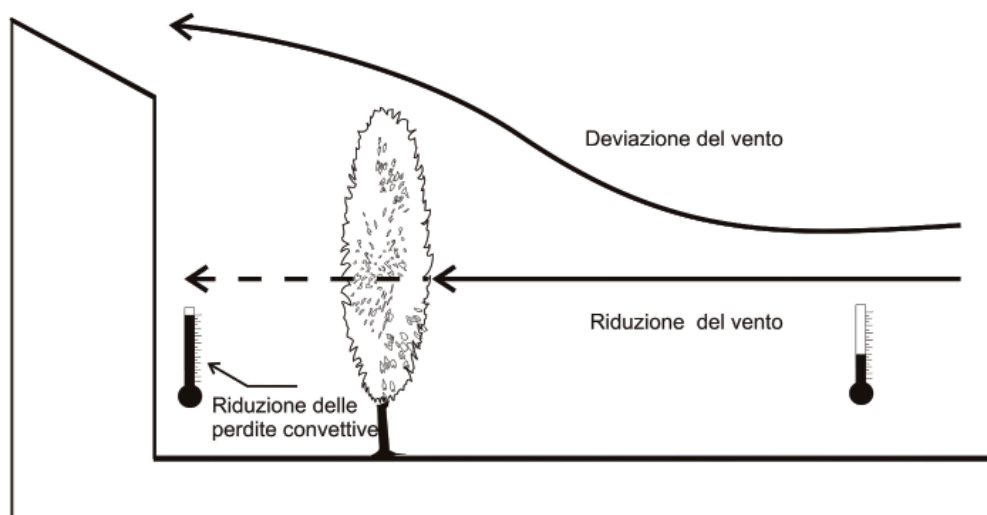


Fig. 2.20 Effetto sul vento degli elementi vegetali in linea.

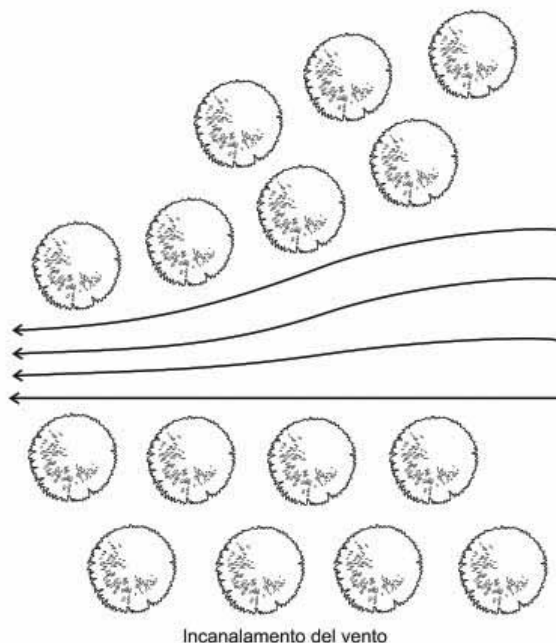


Fig. 2.21. Effetto sul vento degli elementi vegetali a gruppo.

La presenza di elementi lineari produce sul vento un duplice effetto: il primo riguarda l'effetto barriera, che in caso di filare singolo o doppio non può essere totale. Si può quindi parlare in modo più adeguato di filtro, nel senso che sia la velocità che il flusso possono essere ridotti sensibilmente, ma non schermati completamente.

L'altro effetto è dovuto alla possibilità del vento di essere incanalato tra due filari di alberi.

Nel caso della configurazione a gruppo gli effetti di riduzione del flusso d'aria sono maggiori rispetto agli elementi lineari. A seconda della densità e della permeabilità all'aria, all'interno dell'area vegetata la riduzione di velocità del vento può arrivare fino al 90%.

È possibile trovare la compresenza delle due configurazioni verdi soprattutto in piazze delimitate da strade con marciapiedi laterali, in modo che siano garantite condizioni microclimatiche accettabili sia alle attività di spostamento (anche veloce ai bordi della piazza), sia di passaggio, sia situate all'interno della piazza. La pergola, quale elemento a sé stante, è costituita da una struttura portante, che può essere in legno, metallo o cls, che sostiene e dà forma ad arbusti rampicanti. Le caratteristiche della forma e del manto vegetale determinano l'efficacia della pergola che riveste una funzione importante per la protezione non solo solare, ma anche acustica, visiva e dei flussi d'aria.

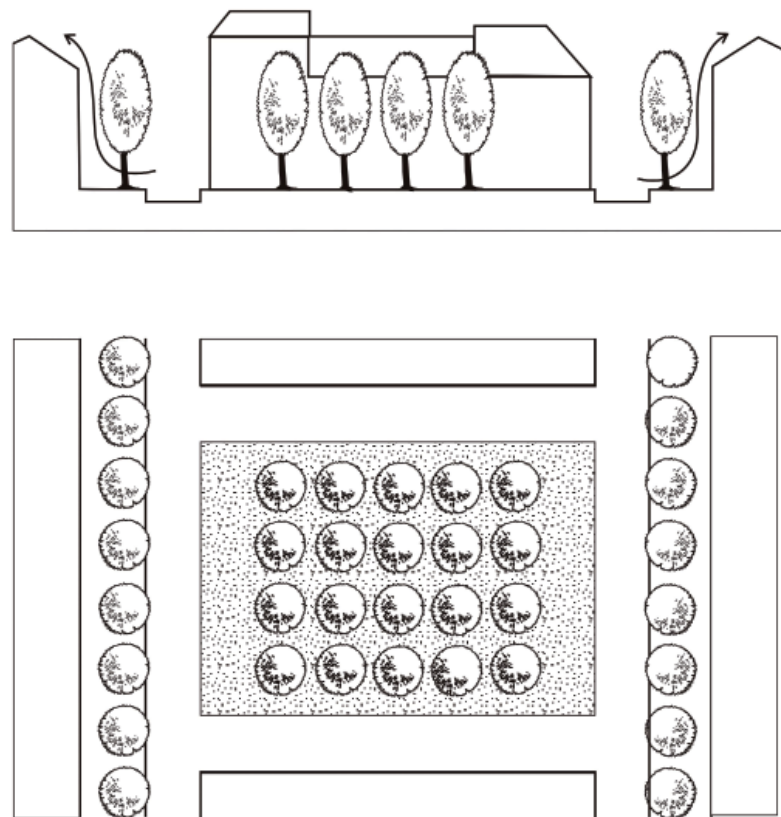


Fig. 2.22 Combinazione di elementi vegetali in linea e a gruppo.

## 2.4 Strumenti per la valutazione del campo radiante

La valutazione del campo radiante può essere fatta in diversi modi a seconda dell'intervento progettuale che si intende realizzare, per esempio la riqualificazione ambientale di uno spazio urbano esistente o la realizzazione di una piazza ex novo. La differenza più evidente consiste nella possibilità di compiere indagini su campo nel primo caso, mentre nel secondo è necessario operare simulazioni termiche. Esistono dei limiti nell'uso del rilievo microclimatico come unico strumento di verifica delle prestazioni ambientali, ma anche dei vantaggi. Il primo limite sta nel fatto, già accennato, che si può utilizzare solo per uno spazio esistente, tralasciando tutti i casi di progettazione di nuovi spazi urbani; il secondo limite è che è impossibile riconoscere il valore e il contributo di ogni singolo parametro, e risulta quindi molto difficile intervenire su elementi specifici. Attraverso la simulazione posso far variare un parametro alla volta e arrivare a conoscere il peso di ogni singolo parametro, per esempio l'albedo, nel quadro generale delle prestazioni ambientali dello spazio analizzato. In una situazione esistente



Fig. 2.23 Rilievo microclimatico di uno spazio urbano con l'utilizzo di un set di strumenti di rilievo di fattori microclimatici.

è quantomeno poco realistico pensare di cambiare il colore o il materiale a tutta la pavimentazione o alle facciate solo per valutare l'influenza di un singolo parametro.

Il vantaggio sta nel fatto che, nel caso di una riqualificazione ambientale di uno spazio urbano, attraverso le misure, eventualmente accompagnate dall'osservazione dei comportamenti delle persone e da interviste dirette, si può avere una descrizione esatta delle prestazioni termiche di quello spazio e si individua il grado e il tipo di intervento da definire nel progetto.

Una prima analisi delle condizioni ambientali del sito di progetto, in relazione all'intervento da realizzare, può essere fatta attraverso uno studio delle ombre, utilizzando sia il metodo diacronico che sincronico.

Il primo è basato sul tracciamento della maschera d'ombra. In questo modo è possibile conoscere, per un punto alla volta, il numero di ore di sole effettivo

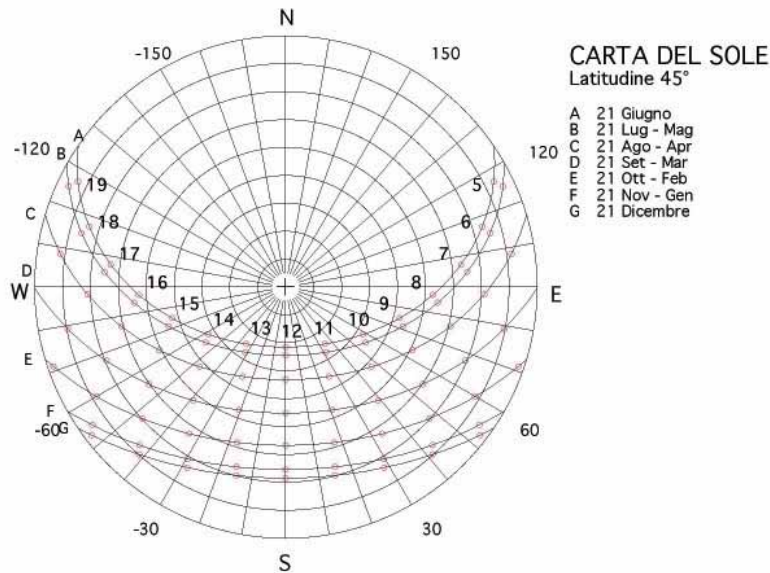


Fig. 2.24 Il metodo diacronico- la maschera delle ombre.

o “da ostruzioni” (che tiene cioè conto delle ostruzioni presenti nel sito, come alberi o edifici). Si conosce attraverso una sola rappresentazione il numero delle ore (di una giornata o di un mese) in cui il punto da valutare “vede” il sole. Il metodo sincronico, cosiddetto perché determina un effetto “spaziale” nell’unità di tempo, è complementare all’utilizzo delle maschere d’ombra. Il metodo sincronico consente l’analisi della dinamica d’ombreggiamento giornaliero delle superfici, attraverso la determinazione delle proiezioni d’ombra ad intervalli regolari (per esempio nei giorni critici per i periodi di riscaldamento e raffrescamento: i 2 solstizi).

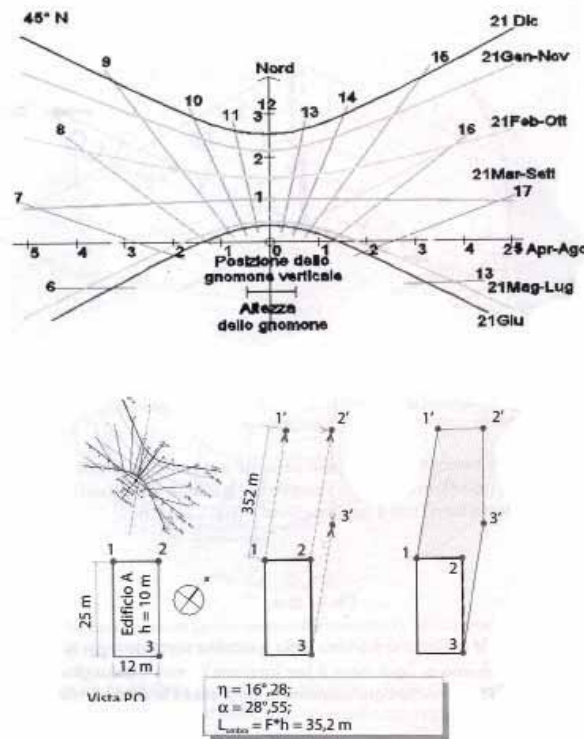


Fig. 2.25 Profili d’ombra per la latitudine 45° ed esempio di procedura per la determinazione dell’ombra proiettata sul P.O. di un edificio parallelepipedo attraverso il metodo sincronico (Tratto da: Grosso M. et alii., *Progettazione ecocompatibile dell’architettura*. Simone ed., Napoli, 2005).

La simulazione diventa necessaria nel momento in cui si vogliono verificare le scelte progettuali in funzione delle condizioni di comfort. In altre parole, se uno degli obiettivi del progetto di uno spazio urbano è quello di realizzare un luogo che sia apprezzabile anche dal punto di vista ambientale e non solo estetico, o dell’accessibilità, occorre verificare le prestazioni ambientali dello spazio, effettuando eventualmente delle variazioni al progetto fino a quando non si raggiungono i livelli previsti.

La simulazione può essere relativamente semplice e fornire solo indicazioni di massima oppure molto sofisticata e richiedere competenze specifiche nell’am-



bito della fisica dei materiali e delle variabili microclimatiche. Generalmente i programmi più complessi calcolano le condizioni termiche in regime dinamico, permettendo così di capire come gli elementi fisici “rispondono” nel tempo alle sollecitazioni microclimatiche.

Le interazioni tra le superfici degli edifici, la vegetazione e l’atmosfera in uno spazio urbano sono complesse e non è possibile fare delle ipotesi esatte sugli effetti del cambiamento all’interno di un sistema in cui tutti gli elementi sono interrelati.

Gli effetti sulla modifica del microclima non si possono ricondurre ad una semplice combinazione lineare dei fenomeni letti singolarmente. Solo la simulazione numerica permette una stima degli effetti legati al singolo elemento.

Nell’analisi microclimatica è necessario verificare rapidamente l’influenza di una scelta progettuale. La flessibilità e la velocità nei calcoli consente oggi di dare risposte soddisfacenti relative alla variazione di uno o più parametri.

### Solene

Il programma Solene, sviluppato dal laboratorio CERMA della Scuola di Architettura di Nantes in Francia, prende in considerazione blocchi di pochi edifici per volta, definendo e limitando così la scala d’intervento.

Il programma utilizza sistemi di equazioni di energia che integrano i risultati delle simulazioni digitali riferite ai diversi fenomeni termici.

Inizialmente il programma si basava sulla simulazione dei campi radiativo solare e termico di elementi architettonici o parti di tessuto urbano, definendo il tracciato delle ombre in 3D nel corso del tempo, la durata del soleggiamento e la valutazione delle componenti di radiazione solare incidente su edifici e terreno; il suo sviluppo ha consentito in seguito di integrare la modellizzazione della volta del cielo con le tecniche di “radiosity”, permettendo la valutazione delle componenti solari diffuse e la determinazione dell’energia assorbita dovuta alla multi-riflessione. Così, con l’impiego di Solene è possibile simulare il microclima e il comportamento termico di un progetto di architettura descritto da un modello numerico. La visualizzazione 3D fornisce un valido aiuto per la comprensione dei fenomeni nello spazio e nel tempo.

La modellizzazione considera la scena urbana come un insieme di “faccette” poligonali (triangolari o quadrate). La scena urbana viene cioè discretizzata in facce e contorni e i risultati si riferiscono ad ognuna di queste superfici.

Uno dei fenomeni che accomuna gli elementi presenti nello spazio è quello dell’“accessibilità visiva”: se gli elementi si possono vedere tra loro allora vuol dire che scambiano dei flussi di energia; per esempio: riconoscere se uno spazio è al sole o all’ombra significa dire se può vedere il sole oppure no; determinare il livello di illuminamento significa identificare le parti di cielo visibile per valutarne il loro irraggiamento; valutare gli scambi radiativi significa determinare in quale misura gli elementi della scena si “vedono”.

Il calcolo delle temperature superficiali dei differenti elementi della scena urbana si ottiene risolvendo un bilancio energetico che fa intervenire i flussi radiativi convettivi e conduttivi. Le superfici che costituiscono il costruito di una città sono generalmente impermeabili e la presenza dell'acqua si concentra in zone umide. Questo permette di trascurare il trasferimento di calore latente sul livello delle facciate e del pavimento.

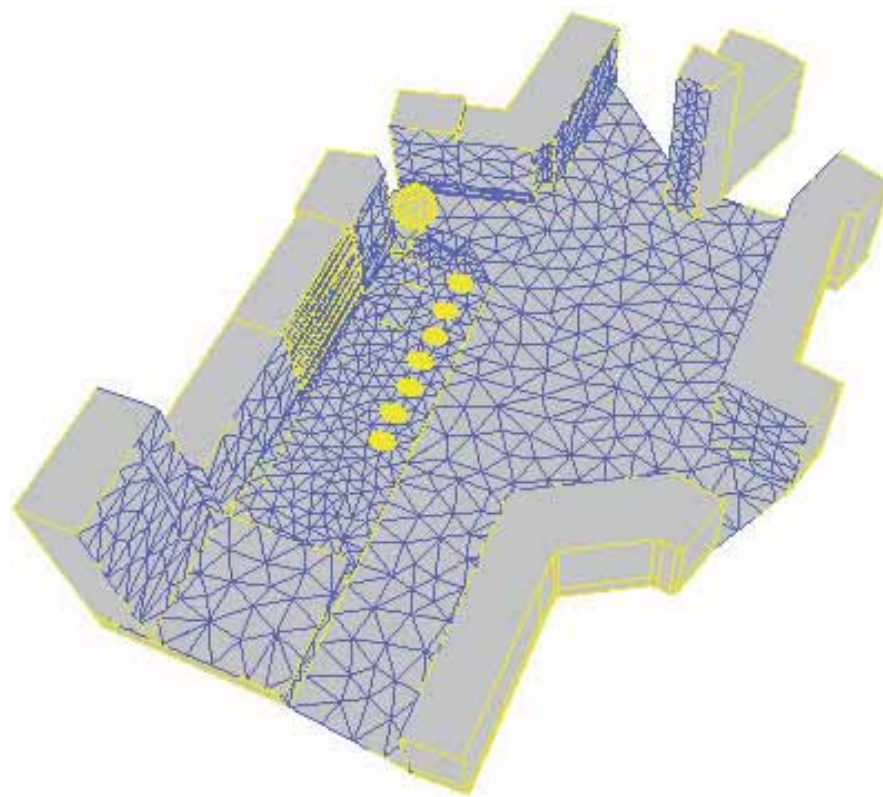


Fig. 2.26 Modello realizzato tramite Solene per la simulazione termica. Rappresentazione del modello discretizzato e della radiazione infrarossa.

La determinazione dell'energia solare diretta per i differenti punti di una scena urbana è legata alla presenza di ostacoli (edifici stessi creano zone d'ombra) sulla traiettoria dei raggi solari. Per questo motivo si prendono in considerazione due modelli: il primo è un modello geometrico che permette il calcolo preciso della traiettoria solare, l'altro è un modello energetico che valuta l'illuminazione solare diretta.

Una parte di questa energia può a sua volta essere riflessa verso l'ambiente, cioè verso gli stessi componenti della scena e verso il cielo.

La multi-riflessione necessita però di un altro elemento fondamentale che è il fattore di forma, che è unicamente funzione della relazione geometrica tra gli elementi (più precisamente della distanza) e il loro orientamento relativo.

Il metodo per valutare la radiazione diffusa si basa sull'analisi della volta celeste (considerata come un emisfero di dimensioni molto grandi rispetto alla scena urbana da analizzare), applicando le tecniche di calcolo utilizzate per la determinazione dell'illuminazione naturale. La modellizzazione dei diversi scambi radiativi e dei fattori di forma tra un individuo e l'ambiente circostante permette di valutare la temperatura media radiante, che è una variabile importante nella definizione del comfort nello spazio esterno.

La frazione di radiazione incidente assorbita dal corpo è variabile e risulta come un elemento di riscaldamento dovuto al sole ( $U$ ), in funzione dell'isolamento intrinseco dei vestiti, del fattore di superficie dei vestiti e di isolamento dello strato limite tra vestiti e superficie della pelle.

La quantità totale di radiazione assorbita per il corpo umano è ottenuta sommando il flusso diretto diffuso e riflesso ai flussi a grande lunghezza d'onda, mentre la radiazione diffusa e riflessa e la radiazione a onda lunga si considerano come assorbite dalla frazione di superficie totale del corpo che è disponibile per gli scambi radiativi.

La temperatura media radiante corrisponde alla temperatura isoterma ( $T_s$ ) dello spazio incluso per il quale la quantità di radiazione che arriva sul corpo è dovuta alla legge di Stefan-Boltzmann.

I risultati che è possibile ottenere, quali il tracciamento delle ombre, la quantificazione del soleggiamento, la temperatura delle superfici, assicurano un aiuto efficace nella valutazione di un progetto o nell'analisi di uno spazio esistente. A questo stadio è, infatti, possibile condurre indagini su un effettivo miglioramento climatico di una forma urbana.

Comfa+

Comfa+ è un programma che valuta le condizioni di comfort negli spazi urbani, ed è basato sul bilancio energetico della persona a partire dagli scambi termici tra questa e l'ambiente circostante.

Al valore di bilancio energetico ottenuto si associa un'indicazione di benessere tramite la scala derivata da dati di tipo statistico.

BILANCIO ENERGETICO (W/m²)	SENSAZIONE TERMICA
< -150	freddo
-150 ÷ -50	abbastanza freddo
-50 ÷ 50	neutralità
50 ÷ 150	abbastanza caldo
> 150	caldo

Tab. 2.3 Corrispondenza tra valori di bilancio energetico della persona e sensazione termica (Brown & Gillespie).

Il bilancio energetico si esprime nella forma seguente:

$$BT = M + K_{abs} + L_{abs} - (Conv + TR_{emitt} + Evap)$$

dove:

- $M$  è il tasso metabolico netto della persona;  
 $K_{abs}$  è il flusso solare assorbito dalla persona;  
 $L_{abs}$  è il flusso termico radiativo a onde lunghe assorbito dalla persona;  
 $Conv$  è il flusso termico convettivo scambiato tra la persona e l'aria;  
 $TR_{emitt}$  è il flusso termico radiativo emesso dalla persona;  
 $Evap$  è il flusso termico scambiato per evaporazione tra la persona e l'aria;  
 $BT$  è il flusso termico netto risultante dalla differenza tra gli apporti e le perdite.

Un valore di  $BT$  positivo rappresenta quindi un flusso netto entrante nella persona e pertanto un guadagno termico, un valore nullo indica neutralità termica, un valore negativo una dispersione termica netta.

Rispetto alla versione originaria, Comfa, sviluppato per la valutazione del comfort in spazi aperti non edificati, Comfa+ considera gli effetti dovuti alla presenza di edifici sui flussi termici tra la persona e l'ambiente circostante.

Non si tratta di un programma di simulazione dei flussi termici, e per questo motivo sono richiesti come input maggiori informazioni rispetto ad un programma che simula i flussi energetici, come per esempio le temperature superficiali degli edifici e del pavimento e la porzione di superficie che si trova al sole.

I dati climatici, temperatura dell'aria, umidità relativa, radiazione diretta e diffusa e velocità del vento, devono essere presi dalla stazione meteorologica più vicina. La temperatura del cielo può essere calcolata da un'applicazione compresa nel modello.

Condizioni di comfort termico		Bilancio Energetico	
Budget < -150	molto freddo	Bilancio Energetico	22,9
-150 ≤ Budget < -50	un po' freddo		
-50 ≤ Budget ≤ 50	comfort		
50 < Budget ≤ 150	caldo		
Budget > 150	molto caldo		

DATI IN INGRESSO	
<b>PERSONA</b>	Tasso metabolico $M^a$ [W/m²] 99
	Altezza persona $A_p$ 0,17
	Emisività persona $\epsilon_p$ 0,98
	Diámetro equivalente persona $D$ [m] 0,17
	Resistenza vestiti $r_{cl}$ [m²K/W] 0,042
	Permeabilità vestiti $p$ 175
<b>CLIMA</b>	Temperatura aria $T_a$ [°C] 26,2
	Umidità relativa $u_a$ [%] 60%
	Velocità vento $w$ [m/s] 1,80
	Irradianza globale orizzontale $K_o$ [W/m²] 756
	Irradianza diffusa orizzontale $I_{d0}$ [W/m²] 116
	Altezza solare $\alpha$ [°] 47
<b>CIELO</b>	% radiazione solare diretta sulla persona $i$ 0,8
	Temperatura cielo $T_{sky}$ [°C] 12,7
	Fattore di vista cielo $SVF$ 0,16
<b>OGGETTI NEL CIELO</b>	Temperatura oggetti nel cielo $T_o$ [°C] 30,0
	Fattore di vista oggetti nel cielo $CVF$ 0,9
	Altezza oggetti nel cielo $A_o$ 0,2
	Emisività oggetti nel cielo $\epsilon_o$ 0,95

CALCOLO SCAMBI ENERGETICI	
<b>TASSO METABOLICO NETTO</b>	pressione vapore saturo a $T_a$ frazione tasso metabolico dispersa per respirazione tasso metabolico netto $p_{sat}(T_a)$ [kPa] $f$ $M$ [W/m²]
<b>RADIAZIONE SOLARE ASSORBITA</b>	radiazione solare diretta $T$ [W/m²] radiazione solare diffusa $D$ [W/m²] radiazione solare diffusa riflessa da oggetti nel cielo $S$ [W/m²] radiazione solare globale riflessa da edifici $B$ [W/m²] radiazione solare globale riflessa dal terreno $R$ [W/m²] radiazione solare totale assorbita $K_{abs}$ [W/m²]
<b>RADIAZIONE TERMICA ASSORBITA</b>	radiazione termica emessa dal cielo $V$ [W/m²] radiazione termica emessa da oggetti nel cielo $F$ [W/m²] radiazione termica emessa da edifici $U$ [W/m²] radiazione termica emessa dal terreno $G$ [W/m²] radiazione termica totale assorbita $L_{abs}$ [W/m²]
<b>FLUSSO CONVETTIVO</b>	temperatura corpo $t_c$ [°C] resistenza termica tessuti corporei $r_t$ [m²K/W] resistenza termica abbigliamento $r_c$ [m²K/W] numero di Prandtl $Pr$ numero di Raynoldi $Ra$ correlazione di Hilpert A $n$ A e $n$ B $n$ A e $n$ B $n$ A e $n$ B

Fig. 2.27 Schermata principale con i dati di input richiesti dal foglio di calcolo Comfa+.

I valori di temperatura superficiale delle pareti degli edifici e del pavimento devono essere calcolati con un altro modello di simulazione (per es. Solene) o misurati, nel caso lo spazio sia esistente e da riqualificare. L'altro elemento da verificare con applicazioni esterne è la percentuale di irradiazione sulle superfici: in altre parole che percentuale di una parete, per esempio, è al sole, e quanta all'ombra (attraverso programmi CAD, oppure programmi come Solene, SketchUp). Allo stato attuale Comfa+ si presenta come un foglio di calcolo, con la pagina principale dei dati input che contribuiscono al calcolo del Bilancio Termico, e una serie di schede che possono essere utilizzate per calcolare informazioni da valutare di volta in volta, a seconda del tipo di configurazione urbana e della posizione nella quale si trova la persona.

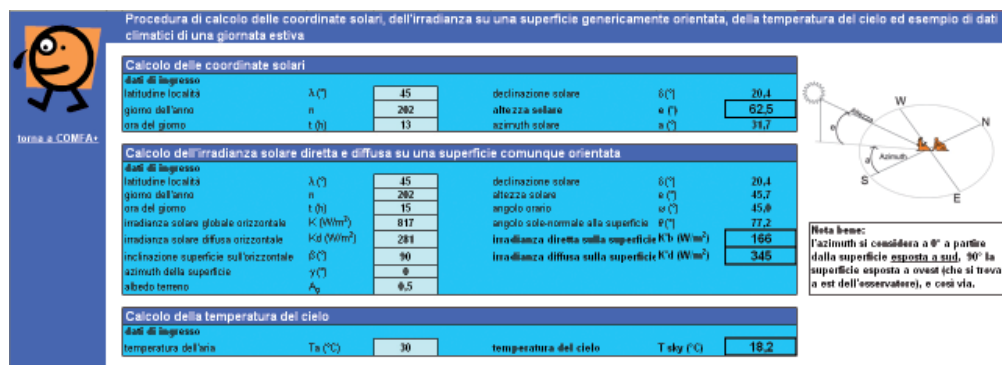


Fig. 2.28 Schermata relativa al calcolo dell'altezza solare, l'irradianza su una superficie genericamente orientata e della temperatura del cielo.

In particolare i valori di input che possono essere calcolati attraverso il foglio di calcolo sono i fattori di vista del cielo in una strada o in una piazza, dove siano presenti edifici, i sistemi di ombreggiamento come tende e alberi, le coordinate solari e l'irradianza solare diretta e diffusa su superfici comunque orientate.

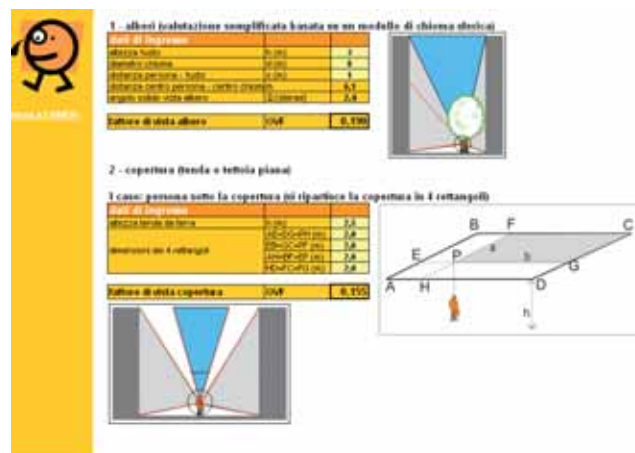


Fig. 2.29 Schermata del calcolo dei fattori di vista degli oggetti nel cielo (schermature o alberi).



Infine sono presenti altre schede che propongono informazioni, come dati di temperature superficiali riferiti ad alcune configurazioni urbane più comuni alla lat. 45 °N per diversi momenti di una giornata estiva, le caratteristiche dei materiali in termini di albedo ed emissività, i dati climatici riferiti ad una giornata calda estiva nell'area climatica corrispondente alla lat. 45 °N, e infine le tabelle di valori di resistenza del vestiario e attività metabolica (clo e met) più usati.

## Un esempio

### Siviglia, Spagna

Il Piano Speciale di Indicatori di Sostenibilità Ambientale dell'Attività Urbanistica di Siviglia, realizzato dall'Agenzia dell'Ecologia Urbana di Barcellona, si configura come uno strumento base per la formulazione della pianificazione urbanistica che si sviluppa nel contesto più generale della trasformazione urbana e territoriale di Siviglia in chiave sostenibile.

Il piano speciale definisce un insieme di indicatori che condizionano il processo di pianificazione urbanistica seguendo il modello di città compatta nella sua organizzazione, efficiente nei flussi metabolici e coesa socialmente, ponendo anche le basi per la nuova urbanizzazione (organizzazione dei 3 livelli). Si tratta cioè di distribuire le funzioni proprie del sistema, attualmente molto concentrate in superficie, in modo che il sottosuolo e la parte alta (sopra i tetti degli edifici) si facciano carico di alcune funzioni con l'obiettivo di rendere più efficiente tutto il sistema. In questo modo si rende libero lo spazio in superficie, favorendo un uso per lo sviluppo delle relazioni tra i cittadini. Nel livello superficiale si tende a recuperare più spazio pubblico possibile per destinarlo ad attività per i cittadini attraverso la riorganizzazione della rete di mobilità. L'obiettivo è considerare lo spazio pubblico come un mosaico nel quale intervengono le persone, la vegetazione, le attività commerciali, le attrezzature pubbliche (centri culturali e civici, ecc.), che insieme definiscono la vita urbana.

All'interno di questo programma lo spazio pubblico interdetto al traffico veicolare permette di definire una rete pedonale collegata e accessibile a tutti i tipi di utenza. Lo spazio pubblico guadagnato diventa spazio disponibile per accogliere usi e funzioni della vita cittadina: sosta, gioco, ozio, feste popolari, ecc. La strada ricopre il ruolo di luogo di incontro e relazione. Le condizioni ambientali si traducono in un intorno più confortevole dal punto di vista termico, luminoso e acustico, creando nuovi paesaggi di suoni e colori.

Tra le diverse categorie di indicatori assume un rilievo particolare il gruppo di indicatori legati allo spazio pubblico e la mobilità, e tra questi il potenziale di abitabilità termica negli spazi urbani, inteso come rapporto tra

il numero di ore di comfort termico e le ore di uso effettivo dello spazio pubblico.

Il potenziale di abitabilità termica si riferisce alla ripartizione delle condizioni di comfort termico di una persona in uno spazio esterno, nelle ore in cui una persona può fare attività all'esterno e di conseguenza identificare le ore di discomfort. L'indicatore si può applicare ai diversi tipi di spazi urbani in funzione delle attività che vi si svolgono (dalle zone per attività di sosta, alle aree del gioco), e agli assi della circolazione pedonale.

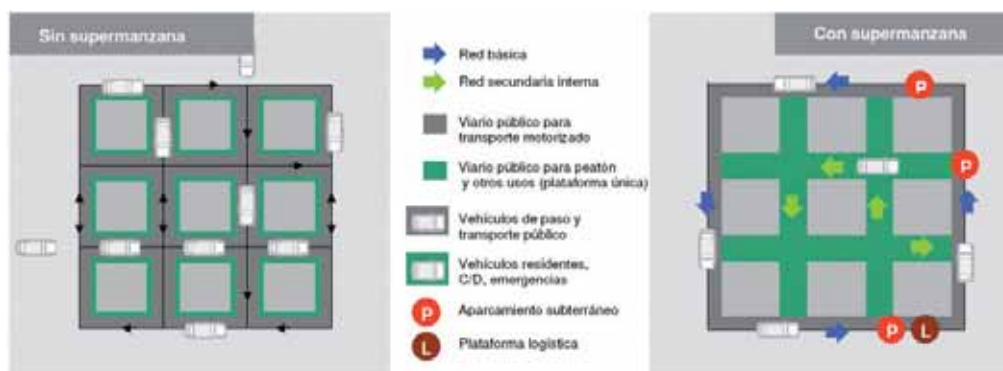


Fig. 2.30 Passaggio dal modello di mobilità attuale al modello che limita il traffico veicolare all'esterno dei quartieri.

L'indicatore serve per identificare la percentuale di tempo di uso utile di spazio pubblico nel quale una persona si trova in condizioni critiche, tollerabili o di comfort (in termini di comfort termico) in funzione delle caratteristiche dei materiali, della configurazione spaziale e delle condizioni del microclima.

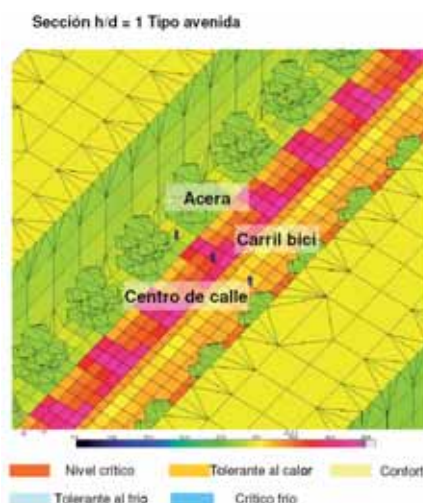


Fig. 2.31 Rappresentazione delle condizioni ambientali di modelli di strada differenti (sinistra), con l'indicazione del bilancio termico in tutte le ore del giorno (destra).

Le informazioni necessarie sono relative a:

- configurazione spaziale: altezza edifici, definizione per categorie di spazi (carreggiata, marciapiede, piazza, ecc.), orientamento;
- materiali e vegetazione: pavimentazioni, tipo di facciate, coperture, alberature di diverse grandezze, pareti verdi, tetti verdi;
- dati microclimatici: dati orari di giorni tipici, temperatura dell'aria, radiazione solare, direzione e velocità del vento, umidità relativa;
- tipologia d'utenza: attività metabolica, legata al tipo di attività, resistenza del vestiario.

## ■ 3 Potenzialità e prestazioni dell'organismo edilizio esistente<sup>1</sup>

### 3.1 L'intervento di riqualificazione in una prospettiva di sostenibilità ambientale

In Italia, come nel resto d'Europa, oltre la metà dell'attività edilizia è dedicata alle ristrutturazioni del patrimonio edilizio esistente: il tema del recupero edilizio appare quindi come una delle priorità per ridurre i consumi energetici nel settore civile, in linea con gli obiettivi di contenimento delle emissioni di CO<sub>2</sub> che l'Italia si era prefissata in applicazione del protocollo di Kyoto, ormai disatteso, in vista degli obiettivi indicati per il prossimo 2020, (tra i quali quello di ridurre di due gradi la temperatura della superficie terrestre), dettati dall'accordo sottoscritto durante l'ultima Conferenza sul clima di Copenhagen del Dicembre 2009<sup>2</sup>.

Anche se negli ultimi anni è cresciuto l'interesse verso la riqualificazione edilizia (vedi Codice concordato dell'ENEA<sup>3</sup>, la norma UNI 11277 del 2008, "Sostenibilità in edilizia", la normativa sul rendimento energetico degli edifici in applicazione alla direttiva 2002/91/CE, compreso le iniziative di alcuni enti locali) e sono stati messi a punto nuovi strumenti di finanziamento pubblico (ad esempio i Contratti di Quartiere I e II<sup>4</sup>, i PRUSST<sup>5</sup>, i PIUSS<sup>6</sup>, nonché le agevolazioni fiscali

<sup>1</sup> I contenuti di questo capitolo sono stati parzialmente tratti dal testo redatto in collaborazione con Alain Paolo Lusardi e Antonella Trombadore pubblicati nel libro dal titolo *Recupero edilizio e bioclimatica* edito nel 2001 da questa stessa casa editrice. Si tratta, infatti, di una completa rivisitazione dei contenuti con aggiornamenti ed integrazioni che conferiscono all'argomento una più completa trattazione.

<sup>2</sup> Il testo originale dell'accordo sottoscritto dai paesi partecipanti alla conferenza sul clima di Copenhagen è presente sul seguente sito web <http://www.denmark.dk/en/menu/Climate-Energy/COP15-Copenhagen-2009/cop15.htm>

<sup>3</sup> "Codice concordato di raccomandazioni per la qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti", promosso dall'ENEA nel 1998 che ha coinvolto 66 amministrazioni comunali, 6 tra amministrazioni regionali e provinciali, oltre a 13 enti di varia natura (Ministeri, IACP, Ordini professionali, ecc.). Con la partecipazione al "Codice concordato" gli enti interessati avevano assunto l'impegno di adeguare i propri comportamenti e la propria normativa ai principi della progettazione sostenibile, secondo un ordine di scala che va dal territorio al singolo edificio.

<sup>4</sup> I "Contratti" appartengono alla famiglia dei cosiddetti "Programmi Complessi" ed hanno, per la loro natura integrata, stretta analogia con Programmi di Iniziativa Comunitaria come "Urban" o con i "Contrats de Ville" ampiamente sperimentati in Francia.

<sup>5</sup> In seguito all'esperienza maturata con i Programmi di Riqualificazione Urbana (PRIU - art. 2 della Legge 179/92) che si prefiggevano come obiettivo prioritario il recupero edilizio e funzionale di definiti ambiti urbani, a partire dal 1998 ha inizio la fase di promozione dei cosiddetti Programmi di Riqualificazione Urbana e di Sviluppo Sostenibile del Territorio (PRUSST), tramite i quali il Ministero dei Lavori Pubblici si pone l'obiettivo di realizzare un insieme sistematico di interventi finalizzati all'ampliamento e alla riqualificazione delle infrastrutture, all'ampliamento e alla riqualificazione del tessuto economico-produttivo-occupazionale, al recupero e alla riqualificazione dell'ambiente, dei tessuti urbani e sociali ricompresi all'interno del territorio nazionale. I PRUSST nascono con il D M del 8 Ottobre 1998, che contiene l'apparato generale ed il bando con le norme ed i criteri di selezione per il finanziamento dei programmi medesimi.

<sup>6</sup> Piani integrati di sviluppo urbano sostenibile (PIUSS), rappresentano lo strumento attraverso il quale la Regione Toscana intende dare attuazione alle politiche di sviluppo economico e sociale in aree urbane delineate nell'Asse V del Programma Operativo Regionale "Competitività regionale e occupazione" Fesr 2007-2013 (POR CREO)

proposte nelle varie finanziarie più recenti), in realtà in Italia la quantità di investimenti è ancora molto lontana dai livelli degli altri paesi europei.

Solo recentemente questa situazione è sembrata sbloccarsi quando da marzo 2009 è entrato in vigore l'accordo quadro stato-regioni sugli interventi di riqualificazione edilizia, approvato tra mille polemiche, all'interno del quale sono riconoscibili tre provvedimenti principali: ampliamento del 20% di case mono e bi-familiari con cubature fino a 1000 m<sup>3</sup>, housing sociale e risparmio energetico. I primi due provvedimenti hanno stentato a partire, seppur con ritardato recepimento e in alcuni casi rifiuto di recepimento da parte delle regioni, mentre sul risparmio energetico c'è stata da subito molta confusione. In particolare, secondo quanto approvato, è data la possibilità di abbattere e ricostruire – anche in zona differente – edifici antecedenti al 1989 che abbiano bisogno di essere adeguati agli standard qualitativi, energetici e di sicurezza, purché non soggetti a particolari vincoli; da subito invece è diventato obbligatorio l'attestato di certificazione energetica (ACE) anche in quelle regioni che ancora non hanno legiferato in materia<sup>7</sup>.

Si precisa che tale provvedimento prevede che la ricostruzione potrà essere autorizzata con un aumento dei volumi del 30%, che può diventare il 35% se la ricostruzione avviene con tecniche di bioedilizia o che prevedano l'installazione di impianti ad energie rinnovabili; resta ancora da sciogliere la questione della proroga degli incentivi fiscali del 55% sulle spese per il risparmio energetico, che per ora resta confermata a tutto il 2010.

In un panorama caratterizzato da un forte clima di incertezze, il principale obiettivo è, pertanto, quello di delineare un piano per la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici nei centri urbani e per la valutazione di interventi di riqualificazione al fine di migliorarne il comportamento energetico, attraverso:

- studio e valutazione delle potenzialità e dell'applicabilità delle tecniche avanzate di risparmio energetico;
- indagini relative ai limiti tecnici, economici e sociali di quelle tecnologie seppur non ancora consolidate, necessarie per la conservazione dell'energia ed in applicazione nelle diverse tipologie di edifici;
- definizione, verifica e applicazione di una procedura unica per la raccolta dei dati;
- classificazione secondo un punteggio di merito delle caratteristiche degli edifici e delle possibili azioni di risparmio energetico applicabili.

Occorre poi verificare le reali possibilità di integrabilità e di praticabilità delle azioni proposte negli strumenti urbanistici vigenti e verificarne la congruenza in termini di costi e benefici, anche se in questa analisi non è facile assegnare

---

La finalità di ogni singolo PIUSS è quella di progettare un insieme coordinato di interventi, pubblici e privati, per la realizzazione – in un'ottica di sostenibilità – di obiettivi di sviluppo socioeconomico, attraverso il miglioramento della qualità urbana ed ambientale.

<sup>7</sup> L'approvazione dei decreti attuativi sulle linee guida nazionali con il DM 26 giugno 2009 e sui requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici con il DPR 59/2009 si è concluso il periodo transitorio previsto dal DLgs 192/2005 "recepimento della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia".



un valore economico ad aspetti qualitativi o ecologici, correndo il rischio di ridurre la valutazione ai soli aspetti di risparmio energetico.



Fig. 3.1 Esempio di recupero di un edificio residenziale a Berlino.

### 3.1.1 Gli obiettivi del recupero

Considerando l'edificio come organismo capace di interagire con tutti i fattori esogeni ed endogeni, si persegue l'ottimizzazione della sua qualità ambientale: la capacità di preservare le risorse naturali, di soddisfare le esigenze di comfort, di salute e di qualità della vita degli abitanti. Tutto questo non solo nella fase di esercizio dell'edificio. L'obiettivo della qualità ambientale deve essere integrato in ogni tappa: programmazione, progettazione, realizzazione, uso, poi eventualmente riqualificazione, riuso, demolizione o "de-costruzione".

Un intervento di recupero deve quindi oggi garantire non solo stabilità, funzionalità ed estetica, ma anche assicurare il soddisfacimento di nuove esigenze espresse dall'utenza; infatti, la ricerca tecnologica e la trasformazione dei modelli di fruizione hanno influito anche sulla formazione di una diversa concezione del bene edilizio e una maggiore consapevolezza da parte degli utenti.

Sostenibilità si coniuga quindi con *benessere dell'abitare* perseguito sotto il profilo del comfort termico e del risparmio energetico, della qualità dell'aria, del benessere luminoso e acustico, dell'attenzione alla salute, fino alle condizioni fruibili dell'utenza. I requisiti energetici prestazionali obbligatori minimi previsti dal

DLgs 192/2005 (e successive modifiche ed integrazioni con il decreto n. 311) e le prescrizioni emanate da numerosi enti locali (Regioni, Province e Comuni), così come le scelte progettuali che permettono la riduzione della trasmittanza termica dell'involucro di un edificio esistente, devono comunque essere necessariamente considerate alla luce della sostenibilità ambientale, delle migliori tecniche costruttive, dei materiali più innovativi e delle tecnologie impiantistiche più evolute. Altrettanto importante in un progetto di riqualificazione è il DPCM del 5 dicembre 1997 (per i requisiti acustici passivi degli edifici) ed il rispetto dei nuovi decreti antincendio, che impongono al professionista pesanti responsabilità. In questa prospettiva diventa indispensabile una progettazione integrata del sistema edificio/impianto che consideri unitariamente gli elementi architettonici, strutturali, impiantistici al fine di garantire migliori prestazioni energetiche; il tutto sancito dal fatto che l'efficienza energetica, secondo le ultime direttive comunitarie e nazionali è diventata un requisito necessario per la valutazione qualitativa di un immobile.

Fra questi aspetti, un ruolo prioritario lo riveste il benessere termoigrometrico che richiede un adeguato controllo progettuale sul sistema ambientale e su quello tecnologico, allo scopo di ottenere un adeguato livello di prestazioni riducendo al tempo stesso i consumi energetici tradizionali di un edificio.

A differenza della progettazione di nuovi organismi, il progetto di *retrofitting* in chiave energetica opera entro forti limiti: non potendo il progettista intervenire sul sistema ambientale già conformato (scelta del sito, esposizione, forma e dimensione degli ambienti, disposizione delle aperture, ecc.) le variazioni di ciascun parametro termofisico si ottengono operando principalmente sul sistema tecnologico. Il problema quindi si sposta su principi e strategie bioclimatiche possibili e sulla scelta di quella soluzione tecnica capace di realizzare un elevato miglioramento prestazionale. Riportiamo comunque qui di seguito, raggruppati in 4 categorie principali, quei livelli minimi in ordine a esigenze prestazionali da soddisfare (*obiettivi-chiave ambientali*), che risultano sempre validi sia nel caso di nuova edificazione che di recupero ambientale (con le dovute restrizioni sopra enunciate) e che ogni progettista dovrebbe conoscere e perseguire:

- *eco-costruzione* (integrazione al sito, prodotti di costruzione, cantiere verde, ...);
- *eco-gestione* (energia, acqua, rifiuti, ...);
- *comfort* (termico, visivo, acustico, olfattivo);
- *salute* (qualità dell'aria, dell'acqua, ...).

## OBIETTIVO CHIAVE: ECO-COSTRUZIONE

### Interazione degli edifici con il contesto ambientale

#### *Sub-obiettivi*

- gestione delle potenzialità fisiche e morfologiche del sito:
  - morfologia del sito;
  - orientamento-esposizione alla radiazione solare;

- esposizione ai venti prevalenti.
- gestione delle risorse del sito:
  - acqua (presenza di corsi d'acqua, bacini, falde);
  - verde (vegetazione esistente – essenze caratteristiche);
  - gestione dei segni di antropizzazione (sul territorio);
  - ambiente urbano;
  - ambiente sub-urbano;
  - area industriale;
  - presenza di grosse arterie di collegamento (autostrade, ferrovie);
  - presenza infrastrutture.



Fig. 3.2a – 3.2b Studio bioclimatico del sito.

### *Esigenze minimali*

- considerare l'inserimento dell'edificio nell'ambiente realizzando: uno studio preliminare al progetto, uno studio di organizzazione del lotto, uno studio di organizzazione degli spazi esterni e intermedi. In caso di ex-zone industriali, analizzare il livello di inquinamento e se necessario bonificare;
- rispettare un livello massimo di pressione acustica (secondo le norme territoriali prescritte) dei rumori emessi dagli impianti o esterni, realizzando eventualmente un intervento di protezione acustica;
- individuare le fonti di rumore esterno e creare un isolamento acustico sufficiente per ottenere un livello minimo.

### *Scelta dei processi e dei prodotti di costruzione*

#### *Sub-obiettivi*

- adattabilità e durabilità;
- scelta dei processi di costruzione ecocompatibili;

- scelta dei prodotti di costruzione ecocompatibili.

#### *Esigenze minimali*

- verificare le possibilità di riciclo dei rifiuti di demolizione degli edifici;
- scegliere prodotti edilizi eco-compatibili.

#### **Cantiere verde**

##### *Sub-obiettivi*

- gestione differenziata dei rifiuti di cantiere;
- riduzione dell'inquinamento acustico del cantiere;
- bonifica del suolo e dell'intorno;
- valutazione e controllo degli altri possibili impatti ambientali dovuti alla presenza del cantiere.

#### *Esigenze minimali*

- integrare in fase di progetto le modalità di controllo dei rifiuti di cantiere e riduzione degli impatti (rumore, polveri, ...);
- ridurre il consumo energetico e delle risorse durante le lavorazioni in cantiere.

### **OBIETTIVO CHIAVE: ECO-GESTIONE**

#### **Gestione dell'energia**

##### *Sub-obiettivi*

- riduzione della domanda e dei bisogni energetici;
- uso delle energie rinnovabili;
- miglioramento dell'efficienza degli impianti energetici.

#### *Esigenze minimali*

- migliorare la qualità energetica dei progetti, in modo da ottenere il livello minimo proposto dalle leggi vigenti;
- scegliere delle caldaie "pulite" in termini di CO<sub>2</sub>, CO e NOx. o a condensazione;
- prevedere interventi di isolamento sull'involucro:
  - tener conto degli apporti solari;
  - ridurre le infiltrazioni;
  - favorire il recupero del calore.

#### **Gestione dell'acqua**

##### *Sub-obiettivi*

- gestione dell'acqua potabile;
- uso di acque non potabili;
- garanzia della depurazione delle acque;
- gestione delle acque piovane;
- gestione delle acque in superficie.

### Esigenze minimali

- ricercare sistemi che limitino il consumo di acqua potabile: impianti a flusso ridotto, verifica delle reti per diminuire le perdite;
- prevedere una raccolta delle acque piovane e/o una depurazione delle acque grigie, per uso WC, ...

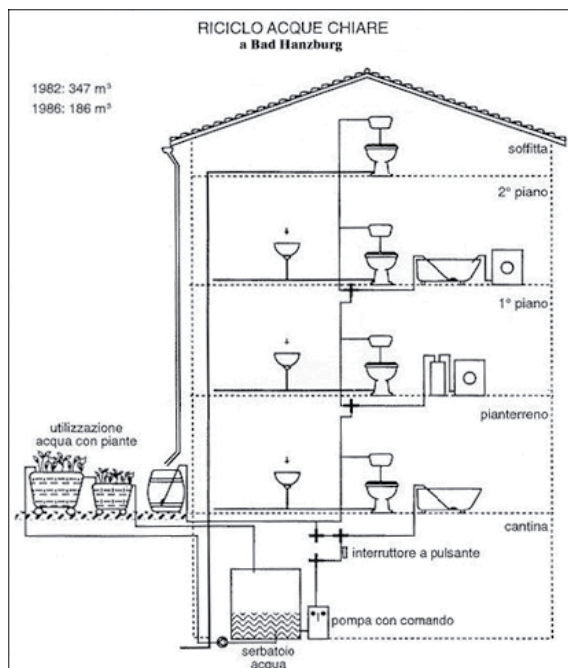


Fig. 3.3 Schema di riciclo delle acque piovane.

### Gestione dei rifiuti

#### Sub-obiettivi

- gestione differenziata dei rifiuti;
- predisposizione di depositi di rifiuti adatti alla raccolta e stoccaggio differenziati;
- predisposizione aree per il compostaggio.

### Esigenze minimali

tener conto delle raccolte collettive;

configurare spazi e locali tecnici per accogliere adeguati contenitori per il conferimento dei rifiuti.

### Manutenzione

#### Sub-obiettivi

- ottimizzazione dei programmi di manutenzione;
- elaborazione di processi di gestione tecnica;
- organizzazione di una buona gestione della struttura.



*Esigenze minimali*

- controllare gli effetti ambientali dei processi di gestione tecnica e di manutenzione;
- stimolare e migliorare la consapevolezza degli utenti per una corretta gestione dell'edificio.

**OBIETTIVO CHIAVE: COMFORT****Comfort termo-igrometrico***Sub-obiettivi*

- garanzia di stabilità delle condizioni termo-igrometriche previste dalla legge;
- zoning igrometrico.

*Esigenze minimali*

- assicurare adeguati livelli di comfort termoigrometrico nelle diverse stagioni;
- ridurre il surriscaldamento dovuto alla radiazione solare;
- migliorare l'efficienza dell'illuminazione o delle altre attrezzature che producono carico termico;
- utilizzare la ventilazione e metodi di raffrescamento naturali.

**Comfort acustico***Sub-obiettivi*

- isolamento acustico;
- zoning acustico.

*Esigenze minimali*

- ridurre i livelli di pressione acustica;
- migliorare la protezione acustica degli ambienti interni.

**Comfort visivo***Sub-obiettivi*

- relazione visiva soddisfacente con l'esterno;
- livelli di illuminazione naturale ottimale in termini di comfort e di consumi energetici;
- livelli di illuminazione artificiale soddisfacente e bilanciata con quella naturale.

*Esigenze minimali*

- realizzare uno studio dimensionale delle superfici trasparenti (compatibile con l'esigenza energetica);
- rispettare le esigenze normative relative agli impianti elettrici.

**Comfort olfattivo***Sub-obiettivi*

- riduzione delle fonti di odori sgradevoli;
- ventilazione atta all'eliminazione degli odori sgradevoli.



Fig. 3.4 Illuminazione naturale confortevole in ambiente confinato.

## OBIETTIVO CHIAVE: SALUTE

### Qualità dell'aria

#### *Sub-obiettivi*

- gestione dei rischi di inquinamento dovuti ai prodotti edili;
- gestione dei rischi di inquinamento dovuti agli impianti;
- gestione dei rischi di inquinamento dovuti alla manutenzione;
- gestione dei rischi di inquinamento per radon;
- gestione dei rischi d'aria esterna inquinata;
- ventilazione per la qualità dell'aria.

#### *Esigenze minimali*

- scegliere generatori a combustione dotati di sistemi di sicurezza;
- evitare i prodotti inquinanti utilizzati nella costruzione: formaldeide, solventi, pesticidi...;
- analizzare il rischio di emissione da radon;
- dimensionare correttamente il ricambio dell'aria e utilizzare dei sistemi di ventilazione efficienti;

- verificare l'assenza di CFC in alcuni isolanti plastici alveolari, negli impianti produttori di freddo, negli aerosol e nei solventi;
- favorire la ventilazione naturale.

### Qualità dell'acqua

#### *Sub-obiettivi*

- protezione della rete di distribuzione collettiva di acqua potabile;
- mantenimento della qualità dell'acqua potabile;
- eventuale trattamento delle acque non potabili di riciclo;
- gestione dei rischi inerenti le reti di acque non potabili.

#### *Esigenze minimali*

- utilizzare tubazioni in materiale che non rilascia inquinanti;
- mantenere la temperatura di stoccaggio dell'acqua calda di distribuzione nei limiti previsti per minimizzare i rischi di insorgenza di batteri dannosi alla salute (legionella).

Il rispetto della qualità ambientale quindi consiste nel:

- *risparmiare le risorse naturali (energia, suolo, materie prime);*
- *ridurre l'inquinamento dell'aria esterna, dell'acqua e dei suoli;*
- *ridurre la produzione di rifiuti;*
- *favorire una migliore relazione dell'edificio con il sito;*
- *assicurare condizioni di vita sane e confortevoli all'interno degli edifici.*

È da sottolineare che, nel settore del recupero edilizio, raggiungere un buon livello di qualità ambientale non è sempre possibile: particolare attenzione va posta in caso di edifici di rilevante carattere storico, per i quali spesso non è possibile ottenere il livello di comfort ottimale richiesto dagli utenti, senza intervenire sul carattere stesso dell'edificio.

### 3.1.2 L'involucro edilizio

La funzione primaria dell'involucro, quale protezione dagli agenti esterni, è stata affiancata nel tempo dal compito di modularne le condizioni in maniera da creare ambienti più confortevoli; compito svolto prevalentemente differenziandosi in relazione alle condizioni climatiche del contesto di riferimento.

Il nostro secolo tuttavia ci ha resi testimoni di una involuzione tecnologica del costruito, caratterizzata dalla perdita di tutte le connessioni con l'ambiente fisico che l'involucro edilizio aveva acquisito nel tempo, restituendogli la sola funzione di "guscio protettivo" e rendendo così le opere di architettura, anzi la totalità dell'ambiente costruito, esclusivamente "veicoli di segni"<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> T. Maldonado, *Il futuro della modernità*, Feltrinelli, 1987.

In realtà, in architettura, la relazione che esiste tra il comportamento dell'edificio ed il suo involucro è abbastanza critica, se pensiamo che esso deve isolare dal vento, dall'umidità e dalla pioggia ma deve contemporaneamente essere permeabile alla luce e all'aria, conservare il calore e provvedere alla sicurezza e alla privacy degli utenti. Gli edifici di ultima generazione oltre a garantire il soddisfacimento dei requisiti suddetti, possono anche prevedere di immagazzinare il calore, direzionare e regolare la luce naturale, così come possono controllare i flussi di aria e generare in qualche caso energia.

Ottenere questi risultati, bruciando meno petrolio, carbone o gas è possibile solo combinando i componenti dell'involucro (vecchi e nuovi) ai vecchissimi principi progettuali (pensiamo a quelli suggeriti da Vitruvio o quelli di interpretazione aristotelica, dove l'architettura diventa imitazione dell'ordine naturale) ed assegnare così all'involucro stesso un'importante funzione – quella di regolatore termico – capace di far raggiungere all'interno livelli di comfort ottimali senza l'impiego di sistemi meccanici o impianti che richiedono un alto consumo. Il raggiungimento di tali obiettivi però non è affatto semplice ed implica una particolare attenzione sia nelle scelte del progetto che nella sua messa in opera. Se parliamo poi di involucro degli edifici esistenti, un intervento di riqualificazione su di esso potrebbe non essere sempre conveniente; se, tuttavia, esso migliora il bilancio tra i guadagni e le perdite di calore, riduce l'uso degli impianti tradizionali, elimina le necessità di riscaldamento o ne riduce i consumi, i costi suppletivi di un intervento così mirato potrebbero essere recuperati considerando le ricadute che questi vantaggi possono avere sugli aspetti del comfort e soprattutto sui risparmi ottenibili.

Di seguito vediamo quali sono le caratteristiche principali dell'involucro edilizio, illustrandone l'evoluzione subita nel tempo da sistema passivo a sistema attivo.

### 3.1.3 Evoluzione delle prestazioni energetiche dell'involucro architettonico<sup>9</sup>

Se dal punto di vista architettonico l'involucro edilizio può essere considerato una pelle capace di conferire suggestioni all'edificio, dal punto di vista fisico esso è la superficie di controllo che delimita il sistema termodinamico dell'ambiente costruito. Come elemento di confine l'involucro ha la funzione di regolare i flussi di energia passanti, al fine di garantire le condizioni di comfort termico, visivo, acustico e la qualità dell'aria negli ambienti confinati, riducendo nel contempo i consumi energetici e gli impatti ambientali.

Facendo l'analisi etimologica dei termini “facciata” ed “involucro”, si possono notare alcune differenze concettuali. Il termine facciata deriva dal latino *facies*, che significa “forma esteriore”, “apparenza” ed indica quindi il volto dell'edificio, ne costituisce insieme al volume l'immagine all'esterno attraverso la quale viene

<sup>9</sup> Questo paragrafo è stato redatto a cura dell'arch. Rosa Romano ed in particolare è parte integrante della sua tesi di dottorato dal titolo *Smart Skin Envelope. Integrazione architettonica di tecnologie dinamiche e innovative per il risparmio energetico*, dottorato in Tecnologie dell'Architettura XXII ciclo.

proiettata l'identità propria; l'elemento facciata è fortemente dipendente dalle altre parti e sistemi dell'edificio, sia a livello formale che a livello tecnologico. Il termine involucro, derivante dal verbo latino involvère (volgere intorno, avvolgere), non definisce solo l'aspetto superficiale e bidimensionale, ma indica tutto ciò che avvolge esternamente qualcosa, arrivando a definire un sistema più complesso, dotato di spessore proprio, alcune volte percepibile. L'involucro si può definire come un sistema tridimensionale di chiusura integrale dell'edificio, costituito da diversi elementi tecnici che sono strettamente interdipendenti (strati). La distinzione funzionale tra strato ed *involucro* è legata al loro stato di autonomia strutturale. Gli strati non sono di per sé portanti e non fanno parte di un'unità strutturale principale: sono uno strato una lastra di rivestimento metallico, un pannello isolante o le lastre di un vetro camera. Possono essere strati di supporto, strati di tenuta all'acqua, strati di impermeabilizzazione o di tenuta all'aria, strati di barriera al vapore, ecc., a seconda del loro contributo al funzionamento complessivo del sottosistema a cui appartengono.

L'involucro è prevalentemente portante, ed è in parte o del tutto autonomo dal punto di vista spaziale e/o strutturale. Un involucro può essere formato da più strati, come nel caso della *pelle* esterna ed interna di una facciata.

Dal punto di vista fisico, è involucro architettonico la "superficie di controllo che delimita il sistema termodinamico dell'edificio"<sup>10</sup>. L'obiettivo dei sistemi di regolazione è quello di produrre un ambiente stabile, termicamente equilibrato, in grado di ottenere, anche in architettura, quello stato omeostatico indispensabile alla vita del mondo animale e vegetale.

Il termine *involucro edilizio*, il cui significato è abbastanza recente, ha sostituito il termine chiusura, utilizzato nella scomposizione del sistema tecnologico nella UNI 8290, a sottolineare il concetto di globalità delle parti che definiscono un ambiente interno (caratterizzato da condizioni climatico/ambientali stabili) rispetto ad un ambiente esterno.

### Involucro termodinamico

Le prestazioni dell'involucro devono garantire il comfort termico e igrometrico degli spazi confinati e il contenimento dei consumi energetici mediante il soddisfacimento dei seguenti requisiti prestazionali:

#### Requisiti ambientali

- mantenimento della temperatura dell'aria negli spazi abitativi, nelle stagioni di esercizio degli impianti di riscaldamento, entro i limiti di legge di 20 - 22 °C;
- mantenimento delle condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo.

<sup>10</sup> M. Filippi, "L'involucro edilizio: passivo, attivo o ibrido?", da *Progettare l'involucro edilizio: correlazioni tra il sistema edificio e i sistemi impiantistici*, Aicarr, 2001.



### Requisiti tecnologici

- controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale;
- controllo della combinazione “Temperatura – Umidità – Ventilazione”;
- resistenza termica e inerzia termica ai fini del risparmio energetico e del comfort ambientale interno.

La normativa italiana nel campo della certificazione energetica e del risparmio energetico è in continua evoluzione: l'entrata in vigore dal febbraio 2005 dell'accordo internazionale di Kyoto, che impegna il nostro Paese a ridurre entro il 2012 le emissioni di gas serra al 6,5% rispetto ai valori del 1990, ha dato un forte input al governo e al legislatore ad affrontare da subito questi rilevanti problemi. Lo stesso è avvenuto a livello europeo con l'emanazione di numerose indicazioni legislative che tentano di riunire e unificare le normative di ogni singolo Paese in modo da affrontare il problema energetico con gli stessi strumenti e regole.

Le prestazioni energetiche dell'intero organismo edilizio dipendono dall'efficienza dell'involucro chiamato a circoscriverlo: se le componenti di chiusura (verticali, orizzontali, trasparenti, opache) non sono state progettate e realizzate in maniera consona alle prestazioni energetiche dell'edificio, le dispersioni dei flussi di calore passanti attraverso le stesse ne comprometteranno i consumi energetici finali.

Le azioni termiche che agiscono sull'esterno di un edificio sono combinazioni d'impatti radiativi e convettivi. La componente radiativa consiste nella radiazione solare incidente e nello scambio termico radiativo con l'ambiente esterno e con il cielo. L'impatto termico convettivo è una funzione dello scambio con la temperatura dell'aria circostante, e può essere accelerato dal movimento dell'aria. Le dispersioni termiche che avvengono sotto forma di calore dipendono dalla differenza di temperatura tra la faccia interna e esterna dell'involucro stesso e dalla resistenza termica del materiale (o combinazione di materiali) dei quali è fatto l'involucro.

I materiali componenti un involucro che separa due ambienti a temperature differenti offrono una resistenza al passaggio del calore che varia in relazione diretta allo spessore del materiale e in relazione inversa alla sua facilità a trasmettere il calore (trasmittanza).

La **trasmittanza termica (U)  $W/m^2K$** , o coefficiente globale di trasmissione del calore interno-esterno è definita dalla norma UNI 7357 come il *flusso di calore che passa da un locale all'esterno (o ad un altro locale) attraverso una parete per mq di superficie della parete e per K di differenza tra la temperatura del locale e la temperatura esterna, o del locale contiguo.*

La **conduttività o conducibilità termica ( $\lambda$ )  $W/(m \cdot K)$**  di un materiale indica il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso uno strato unitario di materiale in presenza di una differenza unitaria di temperatura tra le due facce opposte del materiale considerato. La conduttività dipende dalla porosità (densità) e dal contenuto igrometrico del materiale.

La resistenza termica ( $R$ )  $m^2K/W$  totale di una parete, che è ovviamente l'inverso della trasmittanza termica, sarà dunque data dalla somma delle differenti resistenze che il flusso di calore incontrerà lungo il percorso dall'elemento più caldo a quello più freddo.

Particolare attenzione deve inoltre essere data alle prestazioni termiche dell'involucro edilizio in regime termico variabile, nei mesi invernali (in quei periodi in cui il riscaldamento è saltuario, o intermittente, specie con attenuazioni notturne), ma soprattutto nei mesi estivi (durante la successione di giornate caratterizzate da valori elevati di temperatura e di intensità d'irraggiamento solare). Gli involucri edilizi dovrebbero essere progettati e realizzati in modo tale da assicurare condizioni ambientali di sufficiente benessere termoigrometrico all'interno degli ambienti confinati, anche in assenza di impianti di condizionamento.

A tale scopo, assumono particolare importanza:

- il sistema di protezione dall'irraggiamento solare (schermi, aggetti, alberi ecc.);
- l'inerzia termica delle pareti opache dell'edificio, quantificabile in base all'attenuazione ( $s$ ) dell'ampiezza delle variazioni della temperatura superficiale interna rispetto a quella ambientale esterna, e al ritardo di fase ( $f$ ), cioè all'intervallo di tempo con cui le variazioni di temperatura esterna si trasmettono all'interno (ore). Buone prestazioni sono assicurate, da questo punto di vista, da pareti opache in grado di fornire come valori orientativi  $s < 0,05$  e  $f > 8$  ore, relativamente a una ipotetica oscillazione sinusoidale della temperatura esterna avente periodo di 24 ore. Per ridurre i consumi energetici per la climatizzazione estiva risulta fondamentale attenuare i valori massimi di temperatura negli ambienti e ritardare l'immissione di energia termica negli stessi, spostandola verso le ore notturne quando la temperatura dell'aria esterna è ai valori minimi e il fenomeno del reirraggiamento raffredda rapidamente le superfici esterne.

Le perdite di calore attraverso l'involucro possono essere ridotte attraverso le seguenti strategie:

- utilizzare la massa termica;
- prevenire la conduzione di calore aggiungendo isolamento termico all'involucro per incrementare la sua resistenza termica;
- progettare l'edificio in un modo più compatto per ridurre la superficie complessiva, attraverso la quale il calore può essere trasmesso;
- aggiungere barriere al flusso di calore radiativo, per esempio attraverso la posa di fogli in alluminio dietro i radiatori e usando vetri isolanti e a bassa emissività, come pure isolare i cassonetti delle finestre e porte laddove sono presenti le avvolgibili esterne.

Nella fase progettuale dell'involucro edilizio si dovrà prestare particolare attenzione al controllo e alla verifica dei fenomeni di condensa interstiziale e superficiale, come previsto dalla Norma UNI EN ISO 13788, prestando particolare attenzione

alle condizioni igrometriche di progetto interne ed esterne dell'edificio e alle caratteristiche (spessore, conduttività termica, resistenza alla diffusione del vapore) di ciascuno strato di materiale componente la parete.

Il calcolo della condensa interstiziale viene effettuato quantificando i profili delle temperature e delle pressioni di vapore acqueo (saturato ed effettivo) all'interno della parete: se la pressione di vapore effettiva ( $P_e$ ) raggiunge o supera quella della pressione di vapore saturato ( $P_s$ ), si avrà formazione di condensa. Tale fenomeno può essere arginato disponendo in ordine decrescente gli strati che compongono la struttura in funzione della loro permeabilità al vapore acqueo (i materiali con resistenza maggiore al vapore vanno collocati verso l'ambiente abitato, quelli con resistenza minore vanno collocati verso l'ambiente esterno). I fenomeni di condensa superficiale si verificano, invece, quando la temperatura della superficie interna della parete è inferiore alla temperatura di condensa dell'aria dell'ambiente abitato. Dal calcolo del profilo della temperatura all'interno della parete, si determina anche il valore della temperatura superficiale interna ed è quindi possibile valutare gli eventuali rischi di condensa superficiale.

Nella progettazione dei sistemi di involucri tecnologici, risulta fondamentale analizzare le condizioni climatiche presenti nell'intorno ambientale, cercando di ricreare un adeguato equilibrio tra parametri climatici esterni, condizioni termigrometriche interne e componenti tecnologiche scelte.

L'ideazione, la progettazione e la realizzazione di un involucro architettonico dinamico comportano una complessità direttamente proporzionale alle prestazioni richieste ed alle variabili presenti in ogni intervento. Per questo motivo è importante definire a priori le caratteristiche principali dell'involucro e giungere, attraverso queste, ad organizzare un sistema di priorità nella fase della sua progettazione e realizzazione.

Un edificio "tradizionale" è capace di rispondere alle sollecitazioni esterne soltanto attraverso la sua componente massiva e la sua configurazione costruttiva, mentre risulta essere incapace di rapportarsi ad un ambiente in continua variabilità. Al contrario, un edificio "intelligente" deve possedere la capacità di conoscere ciò che accade al suo interno e nel suo immediato intorno, *decidere* il modo in cui intervenire per rendere confortevole gli ambienti confinati e rispondere velocemente al mutare delle esigenze e delle condizioni climatiche.

Gli involucri sono, tra le componenti architettoniche, quelli che possiedono una maggior interdipendenza con i sistemi meccanici di controllo e negli ultimi anni si sono trasformati da sistemi passivi, capaci di utilizzare gli agenti naturali esterni e le fonti di energia rinnovabili, in:

- *sistemi attivi*, che riescono ad integrarsi con gli impianti grazie a captatori solari, pannelli fotovoltaici, vetri a prestazioni elevate ecc.;
- *sistemi ibridi*, dinamici e polivalenti, capaci di prestazioni sia attive che passive.

## L'involucro passivo

L'involucro passivo, strettamente legato alle caratteristiche dell'ambiente esterno, garantisce di:

- massimizzare il guadagno solare diretto perché dotato di estese superfici vetrate ad elevato isolamento termico e attrezzate con sistemi schermanti per il controllo dell'abbagliamento e per la protezione solare nel periodo estivo;
- accumulare l'energia solare anche quando essa non penetra direttamente nell'ambiente, grazie all'adozione di tecnologie quali il muro *Trombe*, o i collettori solari ad aria ed acqua;
- avere spazi-cuscinetto tra i sistemi di chiusura trasparente e opaca al fine di incrementare la protezione dal freddo e sfruttare l'energia solare nel periodo invernale;
- ridurre l'apporto di calore durante i mesi estivi attraverso la presenza di schermature solari artificiali e/o naturali;
- incrementare l'illuminazione naturale attraverso un adeguato dimensionamento delle aperture trasparenti;
- favorire la ventilazione naturale diminuendo i consumi energetici per la climatizzazione estiva;
- integrare soluzioni per l'adozione di sistemi per il passive cooling che garantiscono nei mesi estivi una riduzione del carico termico interno attraverso la ventilazione notturna degli ambienti.

Solitamente gli involucri passivi sono adottati in edifici a destinazione residenziale, con una bassa domanda di energia, in cui gli utenti si fanno carico della gestione e regolazione dei dispositivi di comando che consentono all'involucro di assumere alternativamente le configurazioni giorno/notte e inverno/estate. Questa soluzione d'involucro presenta tuttavia i seguenti limiti applicativi:

- spesso limita l'espressione architettonica del progettista che deve adottare soluzioni tecnologiche standard in relazione all'orientamento dell'involucro;
- risulta strettamente legato alla gestione dell'utenza, se non è collegato a sistemi impiantistici che gli permettano di assumere le varie configurazioni "bioclimatiche" autonomamente;
- richiede precisi interventi di variazione delle sue prestazioni in relazione al variare delle situazioni climatiche esterne e tali interventi non sempre sono agevoli;
- presenta una bassa efficienza di utilizzo dell'energia solare, sia a causa della ridotta capacità di captazione dei componenti edilizi passivi, sia a causa dell'assenza di efficaci sistemi per la distribuzione e l'accumulo del calore.

Dai sistemi di guadagno solare passivo può derivare una riduzione degli indici energetici del 30–50%. I progetti di *architettura passiva* o ad *emissione zero* sono di facile realizzazione.

Le medesime componenti valgono per l'architettura in vetro, dove deve essere posta particolare attenzione al controllo degli apporti solari ed alle dispersioni per trasmissione.

### L'involucro attivo

L'involucro attivo è invece caratterizzato dalla presenza di sistemi impiantistici per la captazione dell'energia solare e la ventilazione naturale e artificiale.

Sono esempi di involucro attivo le facciate dotate di collettori solari ad aria o ad acqua e di pannelli fotovoltaici ma, in qualche modo, anche le facciate a doppia pelle o i sistemi d'involucro dotati di recuperatori di calore, che permettono di ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio mantenendo le condizioni a contorno ad una temperatura costante.



Fig. 3.5a – 3.5b – 3.5c Gli edifici del complesso residenziale Solar City Linz, Austria, 1996-2006, caratterizzati da un involucro iperisolato (Norman Foster, Richard Rogers, Thomas Herzog e Renzo Piano Building Workshop in qualità di consulente del gruppo progettuale).

Certamente l'involucro attivo risulta più efficiente in termini energetici e più controllabile in termini funzionali rispetto a quello passivo: i componenti impiantistici per la captazione dell'energia solare e per la distribuzione e l'accumulo dell'energia trasformata hanno infatti prestazioni testate ed i flussi d'aria movimentati da elettroventilatori trasportano quantità di calore ben definite in relazione alle differenze di temperatura in gioco. Del resto la modularità dimensionale tipica dei componenti impiantistici vincola non poco le opportunità di espressione architettonica e crea problemi di accoppiamento fra il disegno della facciata ed i caratteri distributivi e morfologici degli ambienti interni.

Nell'ultimo decennio gli involucri attivi con collettori solari ad aria o ad acqua integrati non sembrano aver incontrato, se non in applicazioni particolari, l'interesse dei progettisti. Le ragioni sono da ricercarsi non soltanto nel fatto che la presenza di tali collettori in facciata e/o in copertura limita fortemente le possibili soluzioni compositive, ma anche nel fatto che i bilanci energetici ed economici effettivamente sperimentati non sono poi risultati così favorevoli come in un primo momento erano apparsi alla luce di scenari energetici assai pessimisti.



Significativo è invece il successo delle “doppie pelli trasparenti” e delle “facciate fotovoltaiche”, queste ultime costituite da celle di silicio integrate nelle specchiature vetrate. I pannelli fotovoltaici si trovano ormai in commercio con diverse dimensioni e caratteristiche, nella versione semitrasparente risultano essere particolarmente adatti per integrazioni architettoniche in situazioni nelle quali sia necessario ombreggiare lo spazio confinato. Inoltre la necessità di ventilare la parte anteriore del pannello ne rende consigliabile l'applicazione in soluzioni di facciata ventilata, dove il contributo termico del sistema fotovoltaico incrementa i moti d'aria ascensionali all'interno dell'intercapedine.



Fig. 3.6a – 3.6b – 3.6c La facciata fotovoltaica in pannelli di silicio policristallino semitrasparente della Biblioteca Pubblica Pompeu Fabra, Miquel Brullet Matarò, Barcellona, Spagna.

### L'involucro ibrido

L'involucro ibrido è caratterizzato dalla complementarità delle tecnologie impiantistiche ed edilizie e dalla presenza di sistemi di regolazione e controllo che lo rendono una componente fondamentale all'interno del complesso sistema edificio-impianto. In generale questi tipi di involucro sono contraddistinti dalla presenza di uno o più dei seguenti sistemi tecnologici:

- materiali e sistemi innovativi ad alte prestazioni per la captazione e l'accumulo dell'energia solare;
- dispositivi per gestire la ventilazione naturale in combinazione con sistemi di ventilazione meccanica;
- schermi mobili per il controllo dell'irraggiamento solare;
- presenza di soluzioni tecnologiche atte ad incrementare la penetrazione della luce naturale e modularne l'intensità;
- sistemi di building automation per la gestione integrata degli impianti e degli elementi che costituiscono la pelle dell'edificio.

L'involucro ibrido garantisce diverse prestazioni in termini termo-igrometrici e funzionali, prestazioni che in passato erano affidate ad apparati tecnologici di differente natura; inoltre può essere definito *dinamico*, perché in grado di

modificare le sue prestazioni termo-igrometriche nel tempo, in relazione alle circostanze climatiche ed alle esigenze dell'utenza.

In generale gli involucri ibridi presentano, rispetto ai sistemi di involucro tradizionale, costi di costruzione e di manutenzione superiori, a causa dei materiali impiegati, dell'entità dei pezzi speciali, della complessità di gestione dei componenti e della loro reciproca collocazione. Si tratta di sistemi tecnologici che tuttavia contribuiscono efficacemente al bilancio energetico dell'edificio, limitando la necessità di ricorrere a dispositivi elettromeccanici di climatizzazione invernale ed estiva, con una conseguente riduzione dei consumi energetici.



Fig. 3.7a – 3.7b – 3.7c BMW Welt, COOP HIMMELB(L)AU, Monaco, Germania, 2007. Nella doppia pelle dell'edificio è integrato un sistema di tubi radianti che provvedono al suo riscaldamento e raffreddamento.

### 3.1.4 Interventi sull'involucro

I componenti e gli elementi edilizi capaci di modificare e/o migliorare le caratteristiche dell'involucro rendendolo performante dal punto di vista dei consumi energetici, sono sostanzialmente riassumibili in:

- murature di tamponamento;
- infissi esterni;
- coperture e relativi elementi costitutivi.

Sostituendo tali elementi edilizi con componenti analoghi ma caratterizzati da una maggiore qualità e da caratteristiche prestazionali eco-efficienti, si può migliorare il comportamento energetico dell'edificio. Si possono, ad esempio, ridurre sensibilmente le dispersioni termiche, oppure possono essere aumentati i flussi energetici naturali in entrata (radiazione solare) al fine di consentire una minore necessità di produzione energetica per il fabbisogno termico.

#### Le murature

In un qualsiasi intervento di riqualificazione edilizia, l'utilizzo delle tecniche tradizionali di costruzione unite all'incremento degli spessori delle murature

e della loro resistenza termica favoriscono un rendimento ottimale dal punto di vista energetico degli edifici, trasformando un'azione di aumento di qualità prestazionali in una vera e propria *riqualificazione energetica dell'edificio*<sup>11</sup>.

Le potenzialità di una strategia di intervento basata sulla sostituzione di materiali e componenti edilizi (come ad esempio la sostituzione del “pacchetto murario” esterno, in parte o complessivamente, con una struttura muraria di differente costituzione e concezione) comportano ampi margini di miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio, nonché della qualità costruttiva ed anche, eventualmente, dell'aspetto architettonico del manufatto edilizio.

Molte fra le tecniche del “buon costruire” sono familiari ai progettisti ed ai costruttori, ma i requisiti per la realizzazione dei dettagli e quelli necessari per la scelta di una manodopera specializzata, essenziali per ottenere i risultati nella realtà, vengono spesso dimenticati.

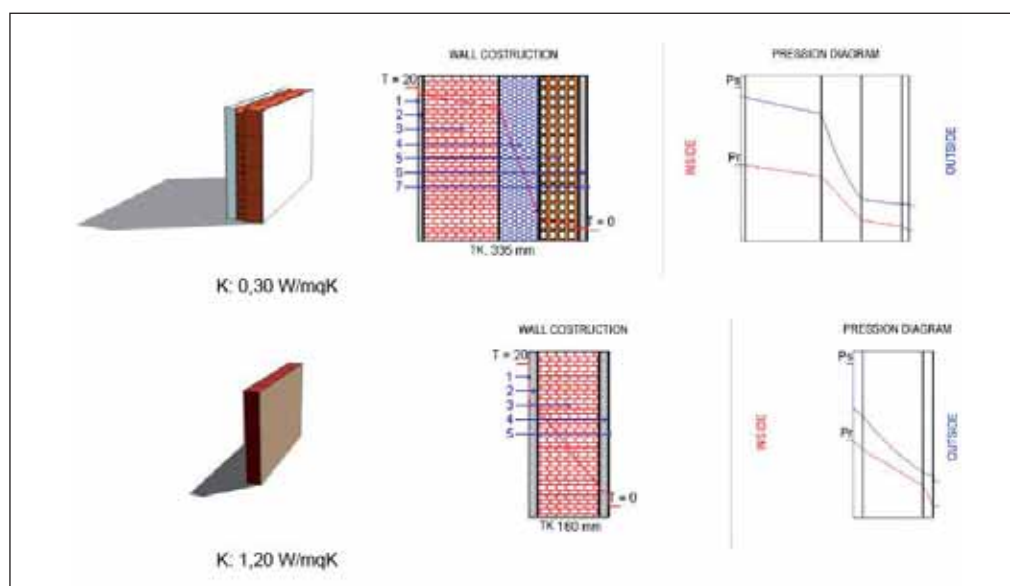


Fig. 3.8 Confronto delle prestazioni di trasmittanza termica tra un muro tradizionale ed uno isolato.

La tecnica dell'isolamento uniformemente distribuito su tutti gli elementi di una costruzione, generalmente, produce migliori risultati rispetto all'applicazione dello stesso ad uno o due elementi della costruzione stessa.

Purtroppo i metodi di calcolo per le perdite di calore spesso insegnano al progettista a disgregare gli effetti derivanti da infiltrazioni o ponti termici, mentre

<sup>11</sup> Per riqualificazione energetica dell'edificio (o *retrofit* energetico dell'edificio) si intendono tutte le operazioni, tecnologiche e gestionali, atte al conferimento di una nuova (prima inesistente) o superiore (prima inadeguata) qualità prestazionale alle costruzioni esistenti dal punto di vista dell'efficienza energetica, volte cioè alla razionalizzazione dei flussi energetici che intercorrono tra sistema edificio (involucro e impianti) ed ambiente esterno.

gli effetti combinati di tali discontinuità, uniti all'assenza di isolamento nei giunti tra le murature e gli orizzontamenti, in quelli delle aperture ecc., possono essere sostanziali. In molti casi, infatti, l'attenzione al dettaglio, insieme ad un'attenzione nella messa in opera dei componenti, può avere un grande impatto sulle perdite generali di calore rispetto a quello che si potrebbe ottenere incrementando semplicemente lo spessore dell'isolamento.



Fig. 3.9 Esempio di isolamento realizzato con materiali naturali.

La risposta della produzione a queste problematiche ha favorito l'immissione sul mercato di un'ampia gamma di prodotti e componenti progettati per migliorare i valori di trasmissione e ridurre nel contempo i consumi energetici.

Si pensi alla facciata "intelligente" composta da moduli indipendenti che, attraverso un sistema di accumulo, regolano secondo la necessità l'intensità di calore da immettere nell'ambiente, oppure ne schermano gli effetti, o agli stessi moduli di rivestimento fotovoltaico che, nonostante non sia ancora diventato un sistema abbastanza flessibile, risulta una soluzione alquanto valida.

L'involucro attivo rappresenta una delle risposte alla problematica del recupero energetico inteso come sfruttamento dell'energia solare per il risparmio di energia convenzionale, diventando facciata "sinergica", con l'integrazione di sistemi attivi, quali ad esempio i pannelli fotovoltaici, sui sistemi di rivestimento convenzionali o montati su strutture indipendenti, per la produzione di energia elettrica attraverso la conversione diretta della luce solare.

L'integrazione del sistema fotovoltaico incrementa solo del 2% il costo di un tipico edificio provvedendo di contro quasi ad un terzo della richiesta elettrica. Una recente innovazione nell'architettura solare orientata verso sistemi di facciata multifunzionale è rappresentata anche dalla nascita di nuovi materiali quale ad esempio l'*isolamento termico traslucido* che regola il flusso dell'energia solare nell'edificio, garantendo una piacevole condizione di comfort e ottimi livelli di illuminazione naturale. I parametri ambientali di riferimento, sui quali si va ad agire al fine di ottenere un efficace comportamento energetico dell'edificio che sia congruente con le ottimali condizioni di comfort ambientale, sono sintetizzabili in:

- trasmittanza e conducibilità termica;

- capacità termica;
- caratteristiche di assorbimento e riflessione della radiazione solare.

In una operazione di retrofitting energetico, mediante la sostituzione di parti della muratura esterna con una struttura muraria a maggiore capacità termica è possibile accumulare energia conseguente all'irraggiamento solare e consentirne una diffusione in ambiente, oppure favorire il raffrescamento estivo in conseguenza della maggiore inerzia termica delle strutture di involucro, capace di sottrarre il calore in ambiente per poi re-irraggiarlo nelle ore meno calde.

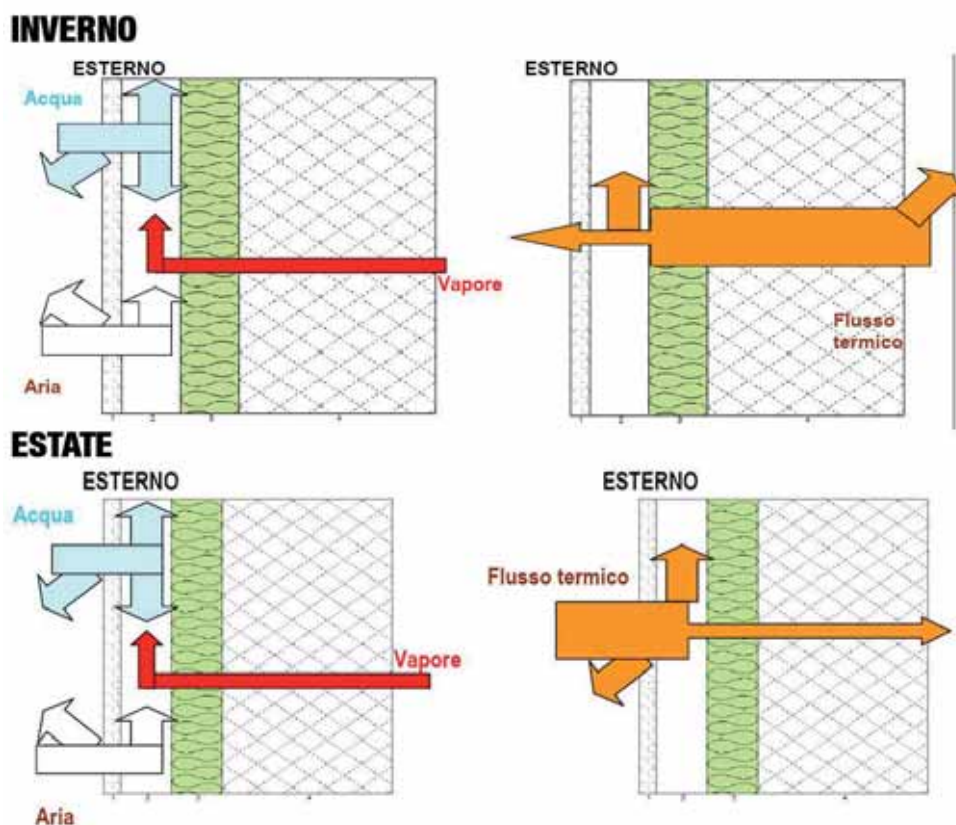


Fig. 3.10 Prestazioni dell'involucro isolato con cappotto esterno in inverno e in estate.

Altra importante strategia d'intervento legata all'involucro è quella che prevede la realizzazione di nuove strutture in aderenza a quello preesistente. Tale modalità di intervento è in grado di offrire migliori e diversificate condizioni di attuazione tecnica rispetto alla sostituzione di materiali e componenti e, nel contempo, di ottenere valide risposte in merito agli aspetti energetici, di controllo microclimatico, nonché più specificamente architettonici.

Fondamentalmente rivolta ai sistemi di facciata ed alle coperture, questa strategia di intervento fa riferimento a differenti sistemi tecnico-attuativi, tra cui particolarmente significativi risultano essere:



- pareti ventilate;
- coperture areate e ventilate;
- nuove strutture a rivestimento (“fodere”) di strutture preesistenti.



Fig. 3.11a – 3.11b Esempio di riqualificazione dell'involucro (progetto finanziato dalla Unione Europea SUREFIT).

### Le superfici trasparenti

Gli elementi vetrati sono spesso la parte più interessante e complessa di un edificio; i vetri ed il disegno delle finestre sono le aree in cui si è registrato negli ultimi anni un impressionante sviluppo tecnico, favorito dalle ricerche di laboratorio su nuovi materiali più efficienti. È possibile, infatti, specificare di un componente vetrato non solo il suo aspetto, ma i suoi requisiti per il guadagno termico per la conservazione del calore, la trasmissione e la direzione della luce, alle differenti latitudini e per differenti orientamenti.

Gli elementi vetrati assumono un comportamento dinamico: hanno, infatti, molteplici funzioni tra cui quella di guadagnare calore, trasmettere la luce, isolare, ombreggiare, ventilare, comunicare visivamente; allo stesso tempo devono rispondere a variazioni delle condizioni interne ed esterne a breve e lungo termine. È proprio questa dinamicità del componente vetrato che ha permesso di sviluppare, in questi ultimi anni, prodotti e componenti molto interessanti dal punto di vista della loro versatilità tecnologica e del funzionamento bioclimatico.

Sulla scia delle recenti disposizioni in materia di “protezione” del calore, il componente finestrato (infisso più superficie trasparente) viene ora visto non più come semplice elemento dell'involucro che causa perdite di calore, ma come elemento



che può sfruttare l'energia solare; componenti finestrati complessi, multistrato, con congegni incorporati per il preriscaldamento solare, per la ventilazione, l'ombreggiamento o la riflessione della luce vengono oggi utilizzati sia per la nuova edilizia che negli interventi di recupero.

### Le coperture

Le coperture in un edificio rappresentano un moderatore climatico<sup>12</sup>. In particolare il vocabolo *moderatore* definisce la copertura come il diaframma tra una condizione ambientale interna ed una esterna, in quanto essa funziona proprio come regolatore soprattutto in riferimento alla condizione ambientale interna che è quella oggetto di comfort. Ciò consente in generale di affermare che l'involucro, di cui fa parte la copertura, non è un sigillante per l'edificio ma è una superficie che modera le condizioni ambientali tra interno ed esterno. È possibile effettuare questa moderazione ottimizzando tutti i parametri climatici a disposizione, affidando proprio il controllo climatico ed il rapporto con il contesto ambientale a questo rilevante sistema dell'involucro.

Queste premesse qualora si intenda intervenire nel rifacimento di una copertura, quale opportunità di realizzarne una nuova del tipo ventilato.

Grazie alle sue caratteristiche il tetto ventilato consente di ottenere un notevole risparmio sui consumi energetici poiché, in presenza di temperature esterne molto basse la camera di ventilazione costituisce un'ulteriore intercapedine limitando quindi le dispersioni di calore ed in caso di temperature alte aumenta la circolazione dell'aria sotto la copertura, riducendo le temperature e nel contempo permette un recupero dei sottotetti rendendoli abitabili in maniera confortevole.

Analizziamo quindi vantaggi e svantaggio di un intervento di recupero delle coperture in presenza o meno della ventilazione:



Fig. 3.12 Superficie vetrata con comportamento dinamico.

<sup>12</sup> Cfr. P.Gallo, Intervista a Mario Cucinella. *Le coperture: una questione di energia*, in *Costruire in Laterizio* n°116, Faenza Editrice, Marzo/Aprile 2007.

In presenza di tetto non ventilato, la copertura si riscalda a causa dell'irraggiamento solare, trasmettendo il calore al materiale coibente sottostante che può funzionare soltanto da ritardante termico; il calore così accumulato, successivamente si trasferisce alle strutture portanti del tetto e all'interno della costruzione.

In questo caso diventa determinante non solo la qualità della messa in opera della copertura, (ampiezza della camera d'aria, corretto posizionamento dello strato isolante, ecc...) ma anche la scelta dell' isolante idoneo in quanto, a parità di prestazioni termiche invernali, la scelta fra materiali isolanti differenti comporta una considerevole variazione nello sfasamento dell'onda termica.



Per quanto riguarda la protezione contro il caldo nella copertura risulta infatti determinante non solo la quantità di calore che entra all'interno dell'edificio, ma anche il tempo necessario affinché ciò avvenga. Se bisogna far sì che entri la minor quantità possibile di calore, è altrettanto importante che esso entri in orari in cui potrà poi essere facilmente smaltito. Utilizzare materiali isolanti caratterizzati magari da ottime prestazioni contro il freddo, ma carenti nei confronti del caldo (cioè poco efficaci soprattutto nell'incremento dello sfasamento) può far sì che le strutture (dotate di massa considerevole) accumulino grandi quantità di calore che in seguito troverà notevoli difficoltà ad essere smaltito.

### I vantaggi del tetto ventilato nelle situazioni di FREDDO.

In condizioni invernali l'assenza di una camera di ventilazione in copertura, a causa delle temperature esterne basse, può condurre a verificarsi nella struttura del tetto fastidiosi fenomeni di condensa, causa di muffa, umidità e gocciolamenti, diversamente da quanto accade in presenza di un tetto ventilato che in inverno favorisce la circolazione d'aria facendo in modo che il materiale isolante rimanga asciutto, evitando in questo modo la creazione di condense e garantendo la durata nel tempo degli elementi costruttivi del tetto.

Sebbene l'adozione di un tetto ventilato comporti numerosi vantaggi nel periodo estivo, la sola ventilazione del tetto non riesce a garantire il conseguimento di condizioni tali che permettano di evitare il ricorso ad altre tecniche per la climatizzazione dell'ambiente sottotetto (in estate l'uso della ventilazione naturale). Ciò può essere facilmente precisato analizzando che nei periodi di elevata insolazione, in zone particolarmente esposte, il manto di copertura può raggiungere temperature che oltrepassano i 90 °C; ciò fa sì che parte del calore venga smaltita tramite l'espulsione di aria calda grazie appunto alla ventilazione del tetto (*convezione naturale - effetto camino*), mentre una parte di calore viene trasmessa dal manto di copertura allo strato isolante sottostante per re-irraggiamento.

Tale componente, vista l'elevata temperatura del corpo emettente (manto di copertura) e vista la minima distanza che lo separa dall'isolante, è tutt'altro che trascurabile, bensì mette in evidenza quanto la ventilazione del tetto, sebbene indispensabile, deve essere affiancata da opportuni accorgimenti tecnici per garantire sufficienti condizioni di comfort termico negli ambienti sottostanti. Un tetto ventilato in altre parole è un'ottima tecnica per schermare il tetto dai raggi del sole, ma la regolazione ottimale del flusso del calore (ventilazione sottotegola) attraverso le strutture può essere garantita solo da una corretta esecuzione e scelta dei materiali.

Un tetto realizzato per durare nel tempo, ben dettagliato e con un buon livello di isolamento ed un appropriato sistema di ventilazione, costruito con materiali ambientalmente compatibili si può definire un tetto "sostenibile". Ardesia, tegole a basso contenuto di cemento sono inoltre solo alcune delle possibilità d'uso di materiali ecocompatibili per una copertura, senza pensare poi all'utilizzo di materiali naturali per la realizzazione di coperture nei cosiddetti "tetti verdi". Un ampio tetto verde realizzato con piantumazioni resistenti a tollerare condizioni climatiche difficili e con una crescita media, eleva notevolmente la massa termica della copertura, riducendo nel contempo, per il suo aspetto, l'impatto sull'ambiente.

## 3.2 La captazione solare

Un intervento di recupero edilizio sostenibile se, da un lato, potrebbe apparire una sfida tecnologica, dall'altro diventa una reale opportunità per l'integrazio-

ne di sistemi a guadagno solare diretto. L'energia solare è una risorsa pulita e sostenibile che ha inoltre un notevole valore economico, sociale e soprattutto ambientale.

Fra le scelte più valide in un'azione di recupero edilizio che si limita ad intervenire sull'involucro, ricordiamo:

- l'integrazione di collettori solari o di pannelli fotovoltaici;
- l'introduzione di serre (verande);
- l'applicazione di nuovi rivestimenti.



Fig. 3.14 Esempio di copertura a verde di tipo estensivo.



Fig. 3.15a – 3.15b Esempio di integrazione architettonica –  
La serra fotovoltaica dell'ospedale A. Meyer di Firenze.



Questi interventi possono aiutare a riqualificare l'immagine architettonica dell'edificio, alzando il livello di comfort interno e migliorando il comportamento termico di tutto l'organismo edilizio, aggiungendo nuovi elementi che, integrati nelle coperture o sulle logge o nella facciata, diventano nuovi segni di connotazione architettonica dell'edificio.

### 3.2.1 I collettori solari

L'uso dei collettori solari integrati nelle costruzioni è una delle applicazioni più interessanti da adottare in caso di recupero dell'edificio, in particolare laddove necessiti l'integrazione del sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria. Qualora si renda necessaria la ricostruzione di tutta la copertura o la sostituzione del materiale, l'integrazione di collettori solari può costituire addirittura parte della nuova copertura. Questo significa che i costi di questa applicazione possono essere parzialmente coperti e recuperati dai costi di riparazione di una copertura disperdente ormai obsoleta.

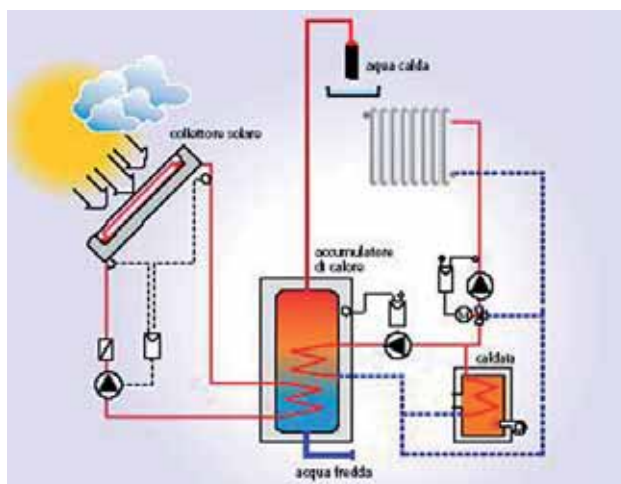


Fig. 3.16 Schema di funzionamento di un collettore solare.

Nel recupero edilizio i collettori solari possono essere installati con il principale scopo di:

- preriscaldare l'acqua calda sanitaria e/o spazi riscaldati;
- preriscaldare l'aria per la ventilazione.

L'integrazione di collettori solari nel recupero edilizio può creare, inoltre, una sinergia tra l'efficienza energetica e l'architettura:

- convertendo la radiazione solare in energia termica utilizzabile tramite fluido termovettore;
- sostituendo tetti e materiali di rivestimento della facciata;
- progettando con cura le integrazioni per dare all'edificio una nuova identità ed un nuovo carattere.

## Opportunità

I collettori solari possono essere assemblati in situ o montati usando moduli di elementi prefabbricati per le coperture; inoltre possono essere integrati nelle facciate orientate a sud, specialmente quando è l'involucro edilizio a dover essere sostituito.

## Principi di progettazione

I collettori solari, o termici, sono elementi visibili anche se posizionati sul tetto e possono avere forme e dimensioni diverse così come diversi sono i modelli a circolazione naturale o forzata; i primi utilizzano del liquido per consentirne la circolazione del calore all'interno del sistema pannello; in questo caso il serbatoio di accumulo che contiene lo scambiatore di calore deve trovarsi più in alto del pannello. I sistemi a circolazione forzata invece utilizzano una pompa che fa circolare il fluido all'interno dello scambiatore e del pannello; circolazione che avviene quando la temperatura del fluido all'interno del pannello è più alta di quella all'interno del serbatoio di accumulo, che, in questo caso, si trova più in basso dei pannelli. Sistemi di questo tipo sono più complessi dal punto di vista dei controlli e delle apparecchiature impiegate (pompe, sensori di temperatura, valvole a tre vie, centraline di controllo), ma consentono di sistemare il serbatoio di accumulo, anche di grandi dimensioni, praticamente dove si vuole, ad esempio a terra e non sul tetto dove problemi di peso ne renderebbero difficile la collocazione. Quando i collettori devono essere integrati in facciata, la progettazione deve tenere in considerazione molti più dettagli di quanti ne necessitano per l'integrazione in copertura (come, ad esempio, l'ombreggiamento); inoltre è necessario considerare altri aspetti quali le perdite di efficienza dovute ai giorni coperti, di pioggia o nevosi, le particolarità di montaggio, la regolarità delle connessioni e l'impianto di distribuzione.

## Principi di funzionamento

I collettori solari ad aria preriscaldano l'aria di ventilazione che viene, poi, immessa negli ambienti, riducendo, così, la domanda energetica per il riscaldamento. I collettori solari ad acqua invece preriscaldano l'acqua che può essere utilizzata per uso domestico o immessa (come acqua preriscaldata) nell'impianto di riscaldamento.

## Costi e benefici

Normalmente i collettori solari coprono il 40-50% delle richieste annuali per il riscaldamento di acqua calda sanitaria (per le applicazioni in edifici multifamiliari). La configurazione base è di circa 3-5 m<sup>2</sup> di area di collettore per rispondere ad un fabbisogno di 200 litri di acqua ad appartamento. Per coprire invece il 10-20% della domanda annuale di aria riscaldata è necessario avere un collettore con una superficie di circa 10 m<sup>2</sup> per appartamento.



### 3.2.2 Le serre

L'uso della serra integrata nell'edificio è un'importante strategia di progettazione per il risparmio energetico nel recupero edilizio.

Il sistema "serra" consiste in uno *spazio "tampone"* di varie dimensioni, prevalentemente esposto a Sud (sud-est, sud-ovest) in funzione delle latitudini e delle esigenze termiche; due o più *superfici vetrate* lo separano dall'esterno e *sistemi di apertura* più o meno grandi e posizionati strategicamente permettono il miglior funzionamento dello spazio in ogni periodo dell'anno.

La serra può essere considerata quale spazio abitabile, in tal caso è necessario assicurare condizioni di comfort adeguate, con un controllo della temperatura dell'aria, della ventilazione e dell'umidità relativa.

Il principale beneficio che il suo uso apporta consiste nel miglioramento del comfort termico interno, così come nella risoluzione di problemi di umidità negli ambienti adiacenti; inoltre, la presenza di una serra aggiunge spazio utilizzabile durante la maggior parte dell'anno.

Una serra ben progettata può consentire elevati risparmi energetici in quanto, tramite essa, è possibile catturare l'energia solare che si trasforma in calore utile per riscaldare gli ambienti riducendo,

in tal modo, la ventilazione, le infiltrazioni d'aria e le perdite di calore.

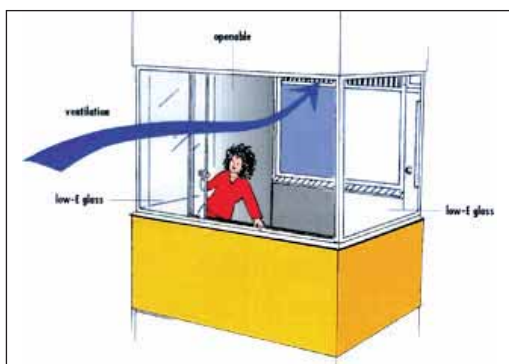


Fig. 3.17 La chiusura dei balconi: tipico esempio di realizzazione di serra.

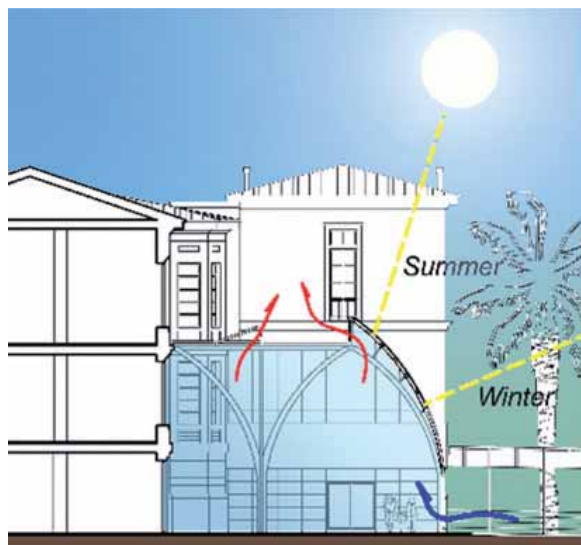


Fig. 3.18a - 3.18b Foto e schemi di funzionamento della serra realizzata per il progetto di recupero di Villa Ognissanti a Firenze, oggi uffici amministrativi dell'ospedale pediatrico A. Meyer.

## Opportunità

La costruzione di serre addossate offre un ampio raggio di opportunità per la riprogettazione creativa della facciata restituendo una nuova immagine all'edificio. Per quanto riguarda il risparmio energetico, quello che conta è l'orientamento: una facciata orientata a sud fornisce naturalmente migliori benefici. Le opzioni future ed i vantaggi che l'introduzione delle serre favoriscono sono molteplici: attualmente sul mercato sono sempre più presenti prodotti e strutture prefabbricate di semplice applicazione che favoriscono l'inserimento di sistemi integrati di ventilazione così come di elementi solari attivi quali collettori solari o celle fotovoltaiche.



Fig. 3.19a – 3.19b Esempi di serre addossate.

## Principi di progettazione

Le principali caratteristiche per una buona progettazione delle serre sono la profondità, che varierà secondo che queste comprendano l'intera profondità degli ambienti o riguardino un solo ambiente, e la loro integrazione nella facciata, che potrà essere sporgente (addossata) o complanare con la superficie della stessa (incassata). Per queste ultime è consigliato, nel il clima italiano, un rapporto profondità e larghezza compreso tra  $1/4$  e non maggiore di  $1/2$ .

Non solo, ma per ottenere gli effetti desiderati è opportuno:

- usare vetri basso emissivi cioè con caratteristiche minime di trasmissione termica;
- prevedere le aperture dei vetri nel periodo estivo;
- preriscaldare l'aria in entrata per la ventilazione usando sistemi per lo scambio di calore;
- verificare la tenuta degli infissi;
- prevedere un adeguato sistema di ombreggiamento.

## Caratteristiche e prestazioni

In inverno il sistema delle serre/spazi tampone svolge il duplice compito di captare l'energia solare, a beneficio degli ambienti retrostanti, e di ridurre le dispersioni termiche dell'alloggio:

- di giorno, in presenza di radiazione solare, parte dell'energia termica entrante riscalda l'aria dell'ambiente e parte riscalda le masse di accumulo; la temperatura dell'aria interna raggiunge così livelli molto elevati;
- di notte le masse di accumulo restituiscono all'ambiente l'energia termica immagazzinata, mantenendo la temperatura dell'aria a livelli accettabili per un determinato tempo residuo.
- in estate, attraverso l'apertura totale (con la rimozione dei pannelli vetrati) o parziale, le serre costituiscono delle verande coperte che riducono l'irraggiamento solare sulle facciate retrostanti e sugli infissi dell'alloggio, creando ombreggiamento.

Lo spazio della serra deve essere ben dimensionato per consentire un adeguato irraggiamento allo spazio interno, evitando, però, il verificarsi di un indesiderato surriscaldamento in estate e di elevate perdite di calore in inverno. L'uso della vegetazione può, inoltre, contribuire alla riduzione del surriscaldamento insieme alla presenza, nello spazio interno, di una pavimentazione di colore chiaro.



Fig. 3.20a – 3.20b Serra realizzata per l'ampliamento di una scuola elementare ad Empoli (FI).

### Principi di funzionamento

Le serre addossate riducono fondamentalmente sia le perdite di calore per trasmissione che quelle per ventilazione. L'aria esterna necessaria per condizionare gli ambienti in inverno, viene preriscaldata dal sole e reimmessa all'interno ad una temperatura più alta, riducendo le necessità d'uso dei convenzionali sistemi di riscaldamento. Naturalmente la tenuta all'aria degli ambienti deve essere elevata in modo da non consentire perdite per infiltrazioni.

### Costi e benefici

Il costo è relativamente elevato quando la serra funziona solo come collettore solare e non costituisce un'estensione dello spazio abitabile. Maggiori risparmi energetici possono essere ottenuti se i parametri termici dei vetri e quelli della ventilazione vengono ottimizzati. L'aggiunta di una serra, senza sistema di preriscaldamento dell'aria, può far risparmiare dai 10 ai 20 kWh/m<sup>2</sup> all'anno,

nel caso di appartamento. Inoltre, se la serra è stata prevista nel piano di un recupero totale dell'involucro che include la sostituzione degli infissi con l'introduzione di vetri basso emissivi, la domanda annuale di riscaldamento potrà essere ridotta di circa 35-55 kWh/m<sup>2</sup>.

Benefici sul benessere riguardano naturalmente l'incremento delle temperature medie di circa 5-8° durante la stagione invernale.



Fig. 3.21 La serra come spazio abitabile in cui la presenza di vegetazione può contribuire ad assicurare elevate condizioni di comfort.

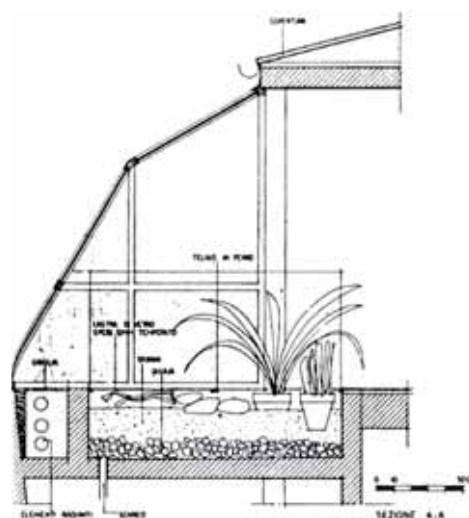


Fig. 3.22 Sezione di una serra: l'uso del verde e la presenza di acqua contribuiscono alla riduzione del surriscaldamento.

### 3.2.3 Il fotovoltaico<sup>13</sup>

Fra le diverse tecnologie messe a punto per lo sfruttamento dell'energia solare, quella fotovoltaica (PV), che consente di trasformare direttamente la "luce" del sole in energia elettrica, è la più innovativa e promettente, a medio e lungo termine, in virtù delle sue caratteristiche di modularità, semplicità, affidabilità, ridotte esigenze di manutenzione, nonché del suo prevedibile sviluppo tecnologico. L'energia solare fotovoltaica registra un forte sviluppo in molti paesi europei: si tratta non solo di un incremento di tipo quantitativo, ma anche qualitativo, grazie soprattutto a realizzazioni avanzate sia a livello tecnologico che architettonico. Oltre agli ormai comuni tetti fotovoltaici, sempre più frequenti sono gli impianti fotovoltaici integrati negli edifici che, se da una parte rispondono adeguatamente alle crescenti preoccupazioni di carattere ambientale, dall'altra rappresentano un'interessantissima novità, non solo per gli architetti, ma anche

<sup>13</sup> Per i dovuti approfondimenti su questa particolare tecnologia è indicato il volume a cura di L. Ceccherini Nelli "Fotovoltaico in architettura", Alinea Editrice, Firenze 2006.



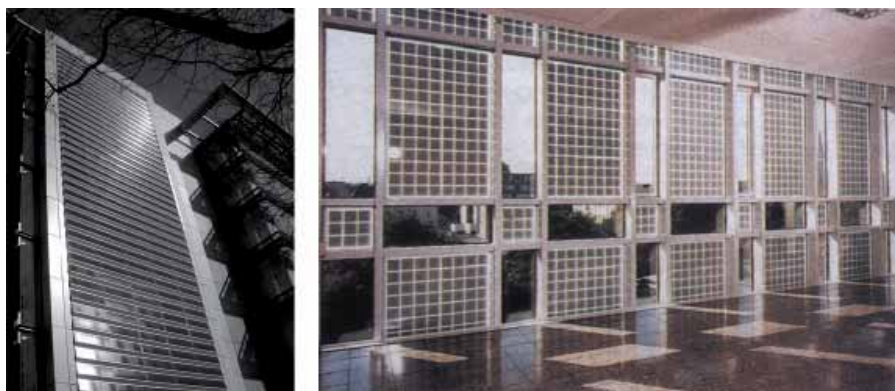


Fig. 3.23a – 3.23b L'integrazione architettonica dei moduli fotovoltaici in facciata può migliorare l'immagine dell'edificio.

per enti pubblici, aziende e singoli cittadini; facciate, tetti o altri tipi di coperture fotovoltaiche consentono di disporre di quantità anche ragguardevoli di energia elettrica, con conseguenti risparmi economici e, nello stesso tempo, mostrano la “sensibilità ambientale” di chi li utilizza.

### Opportunità

L'applicazione del fotovoltaico in edilizia, tecnologia ormai abbastanza matura per questo settore, rappresenta notevoli vantaggi dovuti al ridotto impatto ambientale, alla possibilità di produrre in maniera decentrata l'elettricità rispetto ai luoghi di utilizzo, fino alla flessibilità rappresentata dalla modularità delle realizzazioni possibili. La sua integrazione nel settore delle costruzioni però, se non supportata finanziariamente, non può ancora trovare convenienza laddove l'energia elettrica è già messa a disposizione dalla rete di distribuzione.

Molto è stato fatto per riconoscere il ruolo che questa tecnologia può giocare nelle strategie per il risparmio energetico (si veda i programmi di incentivazione messi in atto da qualche anno anche in Italia) e, nonostante il costo delle celle solari sia diminuito negli ultimi anni, incrementando il mercato, secondo gli esperti siamo ancora lontani dal considerare il fotovoltaico una fonte di energia elettrica a basso costo.

Nonostante queste premesse, l'integrazione dei sistemi fotovoltaici nel recupero degli edifici rappresenta un'interessante novità per la pianificazione energetica dell'edificio e non solo.

Gli elementi più importanti per l'inserimento di questi sistemi nel contesto urbano sono:

- il collegamento elettrico alla rete;
- l'integrazione architettonica dei moduli fotovoltaici nelle strutture esterne degli edifici (terrazze, tetti a falda, facciate, ecc.).

Nel recupero, i moduli fotovoltaici sono elementi strutturali che possono essere sostitutivi di altri materiali (vedi ad esempio i pannelli vetrati usati nelle facciate) e presentano, fra tante, le seguenti opportunità:

- rendere l'edificio attivo sul piano energetico (per molti anni la sua facciata o il suo tetto fotovoltaico produrranno migliaia di kWh, con conseguenti rilevanti risparmi sulle bollette e minore immissione nell'atmosfera di grandi quantità di CO<sub>2</sub>);
- oltre che essere un investimento di carattere energetico consentono un investimento di tipo *promozionale*, visto il grande impatto emotivo che l'applicazione di tale sistema riesce ad avere sul pubblico.

L'integrazione del fotovoltaico nelle operazioni di recupero rappresenta inoltre una grande opportunità per la riqualificazione dell'involucro, proponendosi come una innovativa "tipologia" di rivestimento attivo, capace di restituire agli edifici da recuperare un nuovo e significativo aspetto.



Fig. 3.24 Esempio di integrazione architettonica dei moduli fotovoltaici in copertura.

### Caratteristiche e prestazioni

I sistemi fotovoltaici offrono molteplici vantaggi: la *semplicità di utilizzo*, l'*affidabilità*, la *modularità* del sistema, l'assenza di *parti in movimento*, la *flessibilità di impiego* in tantissime applicazioni, anche molto diverse fra loro, la generazione elettrica senza emissione di inquinanti o di rumore, sono caratteristiche che, unitamente alla particolare forma e struttura dei moduli fotovoltaici, rendono questa specifica tecnologia per lo sfruttamento energetico rinnovabile particolarmente adatta all'integrazione negli edifici in ambiente urbano.

### Principi di progettazione

Un impianto fotovoltaico è costituito da una matrice di moduli (insieme di singole celle solari connesse elettricamente) collegati in serie per raggiungere i livelli di tensione elettrica adatti all'allaccio agli inverter<sup>14</sup>; si ottengono così le

<sup>14</sup> Da Wikipedia enciclopedia libera: "un inverter è un apparato elettronico in grado di convertire un tipo di corrente in un altro e/o modificarne le caratteristiche, eventualmente a tensione diversa, oppure una corrente alternata in un'altra di differente frequenza".



stringhe, ovvero una catena fatta di un numero variabile di moduli che dipende principalmente dal tipo di inverter che si desidera utilizzare.

Che sia installato sulla copertura o in facciata, in maniera tale da fornire la quantità di energia necessaria per alimentare le attrezzature elettriche, per disporre di 1 kWp<sup>15</sup> sono necessari circa 10 mq di fotovoltaico in silicio policristallino. Considerando che la potenza elettrica richiesta per un uso residenziale è di 3 kW, per ottenere l'autosufficienza (senza contare i problemi di efficienza) sono necessari circa 25 mq di superficie per far funzionare gli apparecchi elettrici principali di una abitazione (lampade, elettrodomestici, ecc...).



Fig. 3.25 Integrazione di un sistema fotovoltaico per la copertura di una corte interna.

È importante, in ogni caso, scegliere sempre in modo razionale in quali circostanze è conveniente avvalersi dell'energia fotovoltaica, approfondendone accuratamente i costi e i vantaggi, anche se la continua azione di ricerca sull'argomento e la sperimentazione diffusa stanno cercando di raggiungere, oltre che l'affidabilità tecnologica, la riduzione dei costi di investimento (cioè, sostanzialmente, il costo del materiale e della fabbricazione delle celle).

### Principi di funzionamento

La cella fotovoltaica è l'elemento base del processo di trasformazione della radiazione solare in energia elettrica. È costituita da una sottile fetta di silicio cristallino (monocristallino o policristallino) dello spessore di circa 0.3 mm che quando è esposta alla luce solare converte direttamente la

luce solare in energia elettrica. Più precisamente, quando un fotone (particella di cui è costituita la luce solare) colpisce con sufficiente energia la cella, c'è generazione di un campo elettrico. Maggiori saranno i campi elettrici generati per effetto fotovoltaico, più elevata sarà la quantità di energia che esce dai morsetti di una singola cella.

<sup>15</sup> La potenza elettrica degli impianti fotovoltaico viene espressa in kWp (kW di picco) per sottolineare che tale potenza è quella che l'impianto è in grado di erogare in condizioni standard.

Costi e benefici

L'attuale caratteristica economica negativa dell'energia fotovoltaica è data dal fatto che si richiede un forte impegno di capitale iniziale e basse spese di manutenzione: qualcuno dice che è come comprare in anticipo l'energia che sarà consumata nei prossimi 25 anni.

Nel caso di sistemi fotovoltaici integrati direttamente negli edifici e collegati direttamente alla rete in bassa tensione, le ipotesi di costo per un impianto sono: IMPIANTO DA 3 KW (per privato)

Superficie impegnata: circa 24 mq (18 moduli in policristallino)

Costo indicativo dell'impianto chiavi in mano: 23.000,00 € (IVA 10% inclusa)

Costo effettivo dell'impianto sfruttando la detrazione IRPEF del 36% per ristrutturazioni edilizie: 14.720,00 €

PRODUCIBILITÀ ANNUA	NORD ITALIA: 3300 kWh (SCATTI)	SUD ITALIA: 4300 kWh (SCATTI)
Remunerazione annua media per CONTO ENERGIA alla tariffa di 0,445 €/kWh:	1.468,00 €	1.913,00 €
Risparmio annuo sulla bolletta energetica del gestore (assumendo un costo medio di 0,12 €, in sensibile aumento a causa del costo del petrolio):	396,00 €	516,00 €
Beneficio economico annuo complessivo attualizzato.	1.864,00 €	2.429,00 €
il decreto prevede che la tariffa incentivante del Conto Energia venga ridotta del 30%		
Remunerazione annua media	1.028,00 €	1.339,00 €
Beneficio economico annuo	1.424,00 €	1.855,00 €

Nord Italia: Il tempo di ritorno dell'investimento è in questo caso pari a 11 anni. Essendo la remunerazione garantita per 20 anni, nei successivi 9 anni si avrà un guadagno netto attualizzato di 10.423,00 €. Successivamente l'impianto continuerà ad evitare il costo della bolletta elettrica (almeno 396,00 € l'anno). Nel sud, essendo maggiore il rendimento del sistema dovuto all'incremento delle ore di sole a disposizione unitamente alla potenza espressa, il tempo d'investimento previsto si riduce. A parte gli aspetti puramente architettonici ed estetici, che vanno accuratamente studiati, l'integrazione del fotovoltaico negli interventi di recupero offre molteplici vantaggi: il risparmio dei materiali di rivestimento, la possibilità di occupare le superfici inutilizzate di un edificio, la possibilità di recupero dell'energia termica prodotta, l'utilizzazione dell'energia elettrica nello stesso luogo dove è prodotta, il possibile impiego dei pannelli per usi polifunzionali.

Oggi sul mercato italiano il costo dei moduli fotovoltaici varia secondo le ditte fornitrici, il tipo di pannello e le quantità trattate.

Non è comunque una operazione corretta volere indicare con esattezza il costo di un impianto fotovoltaico; ogni caso è a sé stante, poiché possono incidere vari fattori, a cominciare da problematiche legate a vincoli di tipo urbanistico-paesaggistico, oppure a vincoli strutturali (tetto e coperture non in buone condizioni) o ancora a vincoli particolari quali impossibilità di accedere alla copertura, o ancora particolarità del sito in cui si vanno ad installare i pannelli. Insomma, vi sono molteplici varianti che possono incidere sul costo dell'impianto.

Negli ultimi venti anni c'è stata, comunque, una notevole riduzione dei costi, dovuta in larga misura agli sforzi di ricerca; ciò ha permesso il decollo di un mercato ormai significativo.

I progressi tecnologici e le economie di scala legate ad una futura espansione del mercato sono destinati a portare a sostanziali riduzioni dei costi, parametro che oggi rappresenta la barriera principale che si oppone ad un'ampia diffusione di questa tecnologia. L'energia fotovoltaica sarà così in grado di contribuire a uno sviluppo sostenibile che coniughi le esigenze della nostra società industriale, sempre più energivora, con la tutela dell'ambiente.

### 3.2.4 Nuovi rivestimenti: l'isolamento trasparente mediante i TIM (Transparent Insulation Material)

Le tradizionali misure per la riduzione delle perdite di calore attraverso l'involucro prevedono il miglioramento della tenuta degli infissi, l'aggiunta dell'isolamento agli elementi opachi e la riduzione delle infiltrazioni; mentre queste misure riducono solo le perdite di calore per trasmissione, esistono nuovi materiali oggi sul mercato provenienti direttamente dal grado di perfezionamento delle tecniche produttive e di ricerca applicata, così elevato da riuscire a trasformare un materiale, agli inizi funzionale solo ad un determinato tipo di prestazione (come ad esempio il vetro per l'ingresso della luce) in un filtro dinamico, sensibile agli stimoli ambientali e umani, capace di unire il livello di comfort al risparmio energetico e ai benefici ambientali.

L'uso dei materiali isolanti trasparenti infatti combina la riduzione delle perdite di calore con la possibilità di catturare energia solare lasciando passare la radiazione luminosa, nei casi in cui questi materiali non sono associati ad una componente opaca.

Si tratta delle tipologie di vetrate a trasmissione variabile TIM (Transparent Insulation Materials) che possono essere costituite da:

- aerogel omogenei o granulari di natura inorganica: a struttura porosa ed igroscopici, con un coefficiente di trasmissione solare superiore all'80% e un coefficiente di trasmissione termica molto basso, variabile a seconda del procedimento di preparazione e dello spessore;

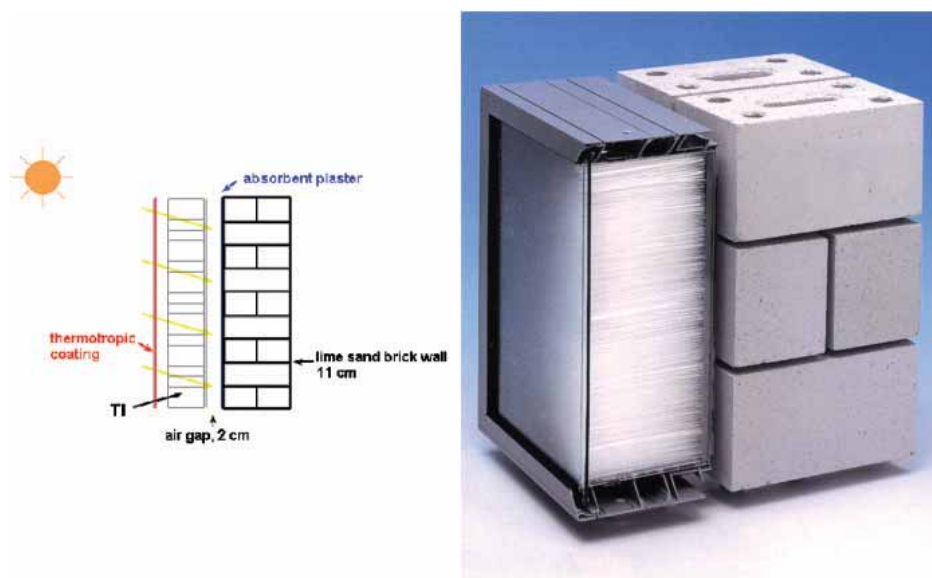


Fig. 3.26a – 3.26b Sistema traslucido TIM con elevate prestazioni di solamento termico.

- policarbonati o polimetilmetacrilati a struttura a nido d'ape di natura organica realizzate con una serie di fibre in materiale plastico o vitreo che nel contempo hanno ottime proprietà di trasmissione della luce (90% per incidenza normale) e di isolamento termico.

Sono quindi componenti ad isolamento trasparente capaci di ottenere un buon comfort luminoso legato al comportamento diffondente della luce, che però non consentono la visione all'esterno, quando sono accoppiati ad elementi opachi di accumulo; soluzione appropriata invece in caso di interventi di recupero di murature poco o totalmente non isolate, che all'incremento delle prestazioni dell'involucro, offre una buona riqualificazione formale del paramento esterno laddove necessaria.



Fig. 3.27 Esempio di applicazione del sistema di isolamento trasparente.

In molti casi si ricorre al TIM anche per l'illuminazione naturale da applicare in sostituzione delle finestre o di intere facciate: questa seconda soluzione combina le proprietà di un eccellente isolamento con un'elevata capacità di trasmissione della luce naturale e dell'energia solare.

### Opportunità

Il TIM, utilizzato come isolante termico, riassume in sé il nuovo concetto di conservazione e guadagno energetico. Questi componenti vetrati, pur consentendo alti valori di trasmissione luminosa, presentano proprietà isolanti termiche paragonabili a quelle degli elementi opachi. La trasmittanza termica di un sistema TIM risulta, infatti pari a  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , rispetto ai  $5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  di un vetro tradizionale. L'elemento è solitamente costituito da due lastre vetrate, con spessore variabile, che racchiudono una struttura a nido d'ape costituita da tubi capillari traslucidi o bianchi posizionati nell'intercapedine di circa 50 mm.

Come materiale isolante migliora le prestazioni conservative dell'involucro, mentre come materiale trasparente migliora le caratteristiche visive diffondendo e disperdendo la luce incidente, ottimizzando in tal modo l'impiego della luce naturale. A seconda delle sue applicazioni, può ridurre la domanda di energia elettrica per l'illuminazione artificiale, contribuire alle necessità di riscaldamento dell'edificio con il guadagno solare diretto e nel contempo isolare meglio l'involucro.

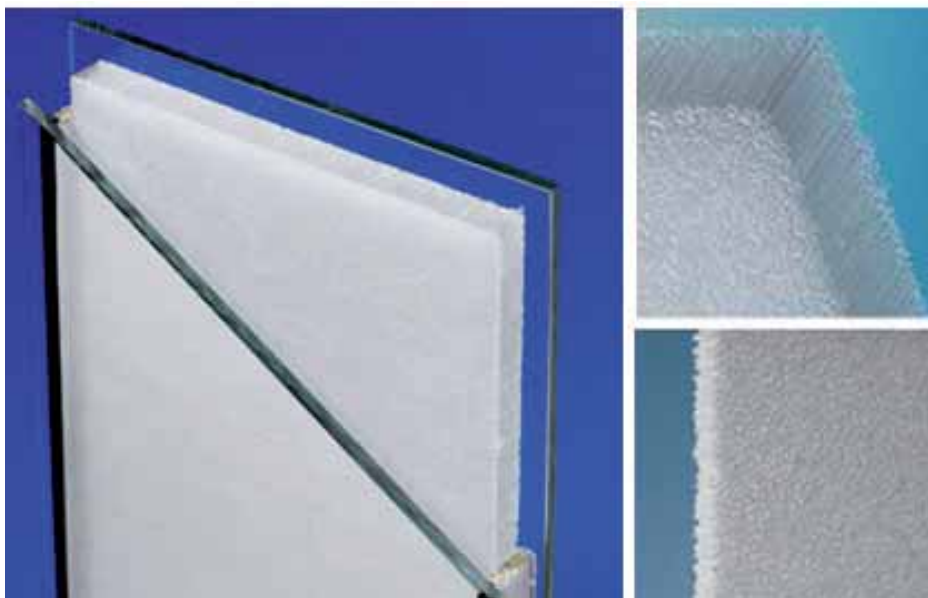


Fig. 3.28a – 3.28b – 3.28c La struttura a nido d'ape del TIM.

### Principi di progettazione

Da un punto di vista costruttivo il componente TIM, utilizzato in sostituzione della muratura, ne eguaglia e ne migliora sicuramente le caratteristiche, pur

presentandosi come una parete vetrata. Rispetto a quest'ultima presenta l'unica differenza di essere più spessa e richiedere infissi speciali per il suo sostegno. Naturalmente, se questi infissi possiedono gli stessi valori di trasmissione del TIM, essi consentono anche di migliorare le prestazioni dell'intero sistema. Per un buon funzionamento nelle applicazioni su murature esistenti, la facciata deve essere preferibilmente costruita in muratura portante, non avere isolamento e non presentare aperture.

### Principi di funzionamento

Il principio funzionale del materiale di isolamento termico trasparente e/o traslucido è semplice: il raggio di sole colpisce il materiale traslucido che è posto su di una parete assorbente, la quale, riscaldandosi, trasmette il calore agli ambienti retrostanti. In questo modo il muro esterno si trasforma da superficie disperdente in una superficie captante che guadagna calore.

### Costi e benefici

Un sistema di isolamento trasparente, se correttamente progettato e installato, può ridurre la domanda energetica annuale di circa 65-100 kWh/m<sup>2</sup> (se installato a sud). L'elevata efficienza del sistema in ogni caso richiede un adeguato controllo del guadagno solare che ne incrementa la complessità e naturalmente il costo totale. Il costo di un sistema a pannelli, compreso il suo ombreggiamento, può variare dai 500,00 ai 900,00 €/m<sup>2</sup> di area muro, quello di elementi prefabbricati da 450 a 650 €/m<sup>2</sup> mentre un sistema composito TIM/intonaco varia tra i 200,00 e i 250,00 €/m<sup>2</sup>.

Naturalmente questo costo ne limita l'utilizzazione; i benefici attuabili tuttavia, in termini di comfort ambientale e risparmio energetico, risultano importanti e sostanziali.

## 3.3 Il raffrescamento passivo

La scelta delle strategie di raffrescamento passivo da adottare per la ristrutturazione di un edificio dipende principalmente dal confronto tra programma di recupero e dati climatici del sito. In base, poi, alle caratteristiche tecnico-morfologiche dell'edificio e alla sua destinazione d'uso derivano i requisiti ambientali e di comfort termico a cui l'edificio deve rispondere nell'arco dell'intero anno.

Un approccio progettuale che tenga presente il raffrescamento passivo consentirà, in tal modo, di limitare notevolmente l'utilizzo di impianti di condizionamento meccanici, contenendo i consumi energetici e riducendo i danni sull'ambiente (riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera).

I principi per controllare il surriscaldamento degli edifici negli interventi di recupero sono i seguenti:

- minimizzare i guadagni di calore interni ed esterni;



- modulare e sfasare i guadagni di calore
- rimuovere il calore accumulato.

Nel dettaglio è possibile:

1. proteggere l'edificio dai guadagni di calore proveniente dall'irraggiamento solare e dal calore ambientale gratuito controllando:
  - l'isolamento termico dell'involucro (vedi paragrafo 3.1.2 sull'involucro);
  - l'ombreggiamento delle superfici trasparenti (vedi paragrafo 3.3.1 sulle schermature);
  - i guadagni termici (inerzia termica) anche mediante interventi sul contesto.
2. modulare i guadagni termici adottando strategie di "smorzamento" e di "sfasamento" dei carichi termici nell'arco della giornata spostandolo verso l'esterno;
3. dissipare il calore mediante le tecniche di raffrescamento passivo secondo i principali processi di:
  - raffrescamento radiativo;
  - raffrescamento evaporativo;
  - raffrescamento convettivo.

Le tecniche di abbattimento mediante dissipazione e/o trasferimento del calore (*raffrescamento passivo*), si adottano quando le misure di prevenzione e modulazione non bastano al controllo del guadagno termico; può essere il caso quindi degli interventi sull'edilizia esistente, quando la massa termica della struttura, da sola, non riesce a modulare ed attenuare i picchi di temperatura interna, così come non riesce a ridurre il flusso termico che raggiunge l'interno re-irradiando all'esterno, durante le ore serali e notturne, il calore accumulato. Oltre alla suddivisione riportata, è possibile fare un'altra distinzione tra sistemi di raffrescamento passivi *diretti* ed *indiretti*. I primi sono quelli che migliorano le condizioni di comfort interne agendo direttamente sulla qualità dell'aria (sostanzialmente immettendo aria più fresca); i secondi, invece, sono quei sistemi che non interferiscono con la qualità dell'aria indoor, quali ad esempio il raffrescamento radiativo ed il controllo solare.

TIPO DI RAFFRESCAMENTO	TECNICA DI VENTILAZIONE		POZZO TERMICO	SISTEMA DI DISTRIBUZIONE	
	rispetto all'uso	rispetto al moto		in rapporto allo spazio	in rapporto alla fonte energetica
MICROCLIMATICO	corporea	passante orizzontale e verticale	aria esterna	diretta	naturale
	ambientale			diretta	naturale
	strutturale			diretta	naturale/ibrida
GEOTERMICO	ambientale	attraverso condotti interrati	terreno	diretta	naturale/ibrida
		a caduta		indiretta	ibrida
		attraverso una ventilante		diretta	naturale/ibrida
EVAPORATIVO	ambientale	attraverso una ventilante	acqua	diretta/indiretta	ibrida
RADIATIVO	ambientale/strutturale	attraverso collettori	cielo notturno	diretta	ibrida
				indiretta	

Fig. 3.29 Tipologie di raffrescamento passivo – Tecniche e sistemi per la distribuzione.

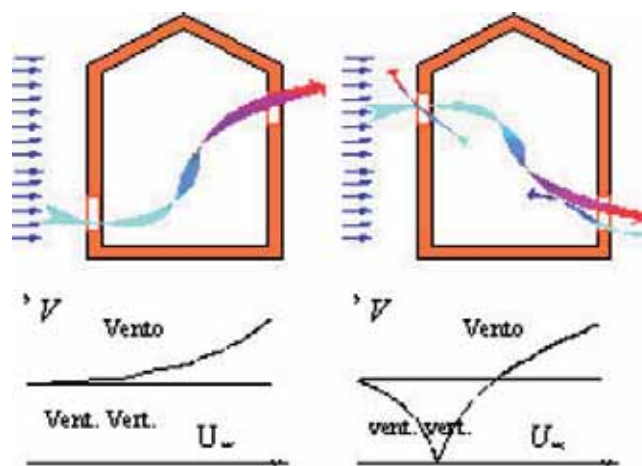


Fig. 3.30 Sinergie e contrasti tra vento e ventilazione verticale.

Esaminiamo di seguito alcune strategie per il raffrescamento passivo che puntano principalmente al controllo degli apporti termici attraverso la variazione delle caratteristiche geometriche, di trasmittanza solare e termiche degli elementi edilizi.

### Raffrescamento della massa termica della struttura

Per ottimizzare i guadagni termici le murature dovranno avere una forte inerzia termica, in modo da attenuare e “sfasare” le onde termiche in sinergia con la ventilazione notturna. Generalmente, gli edifici esistenti (soprattutto quelli di carattere storico), presentano murature con spessori superiori ai 30 cm. e, quindi, con una buona capacità termica aerica. Nel caso contrario, per evitare incrementi di temperatura superiori al livello di comfort, sarà necessario aumentare la capacità termica della struttura dell’involucro esistente mediante l’aggiunta di un isolamento a “cappotto”. Si dovrà inoltre tener conto di altri parametri quali il colore delle superfici esposte (colori chiari) e il loro fattore di riflettanza (almeno 0,75 per il tetto e 0,5 per l’involucro).

Per diminuire il carico termico sulle coperture si potrà intervenire, nel caso di copertura inclinata, adoperando un “tetto ventilato” costituito cioè da una doppia orditura della struttura al fine di creare una camera d’aria che, riscaldandosi, crea un flusso ascensionale eliminando nel colmo ogni surriscaldamento della struttura.

### Raffrescamento radiativo

Tutti gli oggetti emettono e assorbono energia per irraggiamento. Nello spettro dell’infrarosso (onde lunghe), il trasferimento avviene da un corpo ad una data temperatura ad un altro a temperatura più bassa che diventa serbatoio termico. I valori degli scambi radiativi netti dipendono, quindi, dalla temperatura e dall’umidità dell’aria, oltre che dalle condizioni di nuvolosità. Il cielo sereno notturno può quindi diventare un pozzo di calore per la radiazione emessa dalle superfici del tetto dell’abitazione che così si trova a scambiare calore radiativamente con lo spazio che si trova a temperatura più bassa.

In questo ambito, citiamo l'esperienza dei "cool roofs" (tetti freddi), sistemi realizzati da coperture capaci di riflettere la radiazione solare incidente ed emettere energia termica nel campo dell'infrarosso. La realizzazione di un "tetto freddo" avviene sostanzialmente applicando sulla superficie esterna della copertura un colore molto chiaro con carattere non metallico. Questo tipo di applicazione può essere impiegato sia per limitare il surriscaldamento estivo degli edifici che per il controllo dell'isola di calore che si verifica in zone densamente urbanizzate. In questi ultimi anni si sta sviluppando, soprattutto negli U.S.A., un fiorente giro di affari, non solo sulle opere di installazione di questo sistema, ma anche sull'ottimizzazione dei materiali di rivestimento per le coperture e sulle attività di valutazione tecnico-economica e di attestazione delle proprietà emissive di tali materiali, sia nel caso di prodotto nuovo che invecchiato. È riduttivo infatti pensare che un *cool roof* si ottenga semplicemente verniciando con un colore chiaro la superficie di un tetto, poiché la relazione tra l'aspetto esteriore e i valori delle proprietà emissive non è banale, così come vanno adeguatamente considerate una serie di problematiche quali la resistenza al degrado e al deterioramento chimico-fisico e l'impatto visivo.

- **Raffrescamento radiativo diretto:** in questo caso la massa di accumulo non è più l'edificio stesso ma un fluido vettore (ad aria o ad acqua) che raffreddandosi trasmette all'edificio o alla massa di accumulo il carico di raffrescamento. E' questo il caso del *roof pound* che prevede l'aggiunta di una massa di accumulo sul tetto, rappresentata da serbatoi d'acqua; un sistema questo per aumentare la capacità termica del sistema. Gli svantaggi applicativi sono soprattutto i costi d'installazione e l'utilizzo limitato agli ambienti sottostanti il tetto, quindi difficilmente applicabile negli interventi di retrofitting.
- **Raffrescamento radiativo indiretto:** l'effetto raffrescante è generato dalla perdita di calore per irraggiamento dell'involucro edilizio verso il cielo. Questa tecnica è particolarmente applicabile nei casi di copertura piana in cui sia applicato un pannello isolante mobile. Tale intervento prevede due modalità di funzionamento: quello diurno, in cui il pannello è schermato per evitare il surriscaldamento per irraggiamento, e quello notturno, in cui il pannello è scoperto per consentire la dissipazione del calore accumulato nella massa del tetto e l'assorbimento del fresco dell'aria notturna. Tali sistemi, come i precedenti, hanno finora incontrato poco successo negli interventi di retrofitting per i costi elevati di installazione, gestione e manutenzione.

### Raffrescamento convettivo

Il raffrescamento convettivo si traduce nello sfruttamento della ventilazione notturna; questo sistema diventa particolarmente efficiente nelle località caratterizzate da una notevole escursione termica giornaliera, nelle quali le temperature notturne scendono in maniera considerevole.

L'aria fresca notturna può essere immessa all'interno degli ambienti per rimuovere il calore accumulato dalle strutture e in maniera tale da realizzarne un pre-raffrescamento per il giorno successivo.

Perché il processo funzioni correttamente deve esistere una corrispondenza di distribuzione tra il percorso dell'aria e il posizionamento degli ambienti, in maniera tale che questi non diventino un ostacolo per il flusso dell'aria.

Per l'attivazione di questo sistema possono essere adottati sistemi di apertura automatica dei serramenti, per regolare sia il flusso d'aria che la temperatura interna e per ottenere un raffrescamento adeguato evitando un indesiderato sottoraffreddamento.

Deve inoltre essere definita in maniera corretta la posizione degli infissi tra zone sopra e sotto vento, in maniera tale da garantire il moto convettivo dell'aria, o assicurare lo stesso sfruttando ad esempio l'effetto camino.

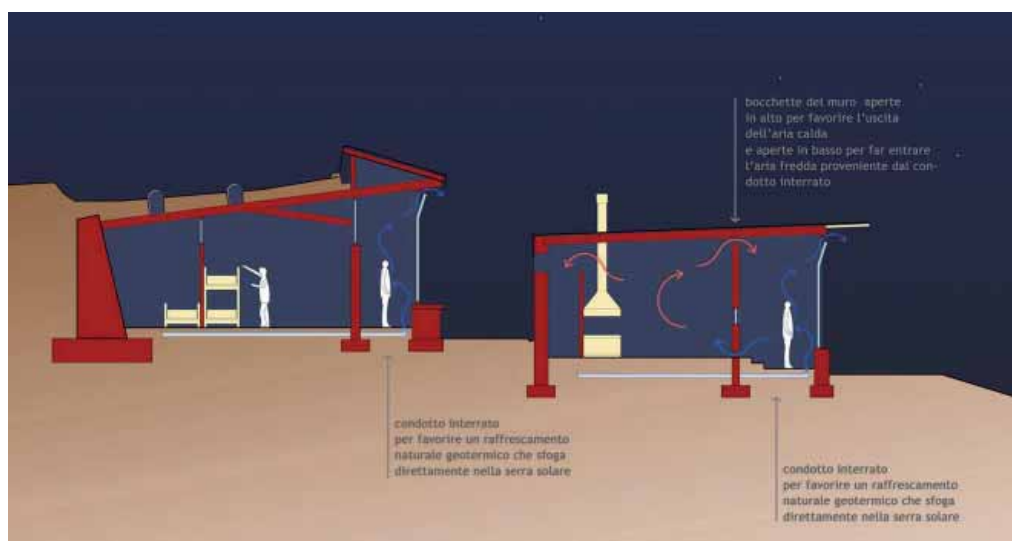


Fig. 3.31 Esempio di schema per la ventilazione notturna.

### Raffrescamento evaporativo

Il raffrescamento evaporativo prevede lo sfruttamento del potenziale di raffreddamento associato all'evaporazione dell'acqua la quale, cambiando di stato, sottrae calore all'ambiente. Il raffrescamento ottenibile è comunque funzione del livello di umidità dell'aria: se c'è né troppa l'abbassamento di temperatura ottenibile è di qualche grado, mentre se l'aria è molto secca ( $UR < 30\%$ ) la differenza di temperatura raggiungibile può oscillare tra i 10-12 °C. L'utilizzo di questa strategia in maniera ottimale deve inoltre prevedere una corretta ventilazione degli ambienti al fine di evitare un sovra-umidificazione.

Le torri del vento diffuse storicamente soprattutto in Iran, Egitto e Pakistan, avevano alla base giare di materiale poroso o vasche fornite di fontane per

raffrescare l'aria attraverso l'evaporazione; questo sistema può essere sfruttato in maniera effettivamente passiva, predisponendo specchi d'acqua negli spazi tra gli ambienti, ad esempio in corti interne, o utilizzando sistemi di nebulizzazione. In questo secondo caso si tenga presente che l'efficacia del sistema è funzione del diametro delle gocce (per l'ottenimento di gocce di piccole dimensioni è necessario raggiungere pressioni elevate dato che per nebulizzare un litro d'acqua sono necessarie 7.000 miliardi di gocce con un diametro di  $15\text{ }\mu\text{m}$ ): al suo diminuire, infatti, aumenta la superficie di scambio e quindi l'efficienza del sistema.

### Raffrescamento per scambio termico con il terreno

Il terreno rappresenta un eccellente “moderatore” delle fluttuazioni termiche. L'enorme inerzia termica del suolo consente infatti lo sfasamento e lo smorzamento delle onde termiche superficiali: la temperatura media del terreno rimane pressoché costante durante tutto l'anno e varia a seconda della profondità, delle caratteristiche del terreno e delle condizioni climatiche.

Questa sorgente di energia termica a temperatura costante può quindi essere sfruttata sia per il riscaldamento che per il raffrescamento degli edifici. Una soluzione efficiente che implica un consumo limitato di energia è quella di realizzare pannelli radianti alimentati con l'acqua raffreddata con sonde geotermiche, ottenendo così un raffrescamento diretto che comporta l'utilizzo di energia elettrica solo per il funzionamento della pompa di circolazione. In fase di riscaldamento è possibile accoppiare questo sistema ad una pompa di calore aumentandone le prestazioni.



Fig. 3.32 Esempio di canalizzazioni sotterranee per la ventilazione.

- **Canali sotterranei:** si tratta di fare raffreddare l'aria attraverso il suo passaggio in condotti interrati. Lunghezza, profondità e sezione del canale, velocità dell'aria e diffusività termica del suolo sono parametri essenziali per il corretto dimensionamento di questo sistema di raffreddamento. La circolazione dell'aria nei canali sotterranei raggiunge velocità intorno ai 5 m/s ma può essere attivata mediante piccoli ventilatori. Questo sistema è stato sperimentato in interventi di recupero di edilizia residenziale e sono state osservate differenze di temperatura tra aria in entrata e in uscita fino a 5 °C.

### 3.3.1 L'ombreggiamento: i sistemi di schermatura

Durante i periodi caldi dell'anno, molteplici sono i fattori che concorrono a creare condizioni ambientali interne non confortevoli, tra i quali: la temperatura esterna, la radiazione solare e i guadagni interni gratuiti (dovuti alla presenza di persone e alle apparecchiature utilizzate). Le strategie per ridurre tali fenomeni non sempre sono ininfluenti sulla forma dell'edificio; quelle relative, in particolare, all'applicazione di sistemi di schermatura solare o all'impiego di strutture pesanti per garantire maggiore inerzia termica, possono avere, infatti, rilevante influenza sulle sue caratteristiche architettoniche. Il tipo, la dimensione e il posizionamento di un sistema di schermatura dipenderanno dal tipo di radiazione solare da schermare (diretta, diffusa o riflessa). Il componente riflesso è generalmente quello più facilmente controllabile (ad esempio riducendo la riflettività

della superficie da schermare), mentre la componente diffusa è un problema assai più difficile da risolvere a causa del lungo angolo di esposizione dal quale la radiazione deriva. Quando la radiazione solare non è usata per illuminare naturalmente l'edificio, è necessario bloccare l'ingresso dei raggi durante tutto il periodo più caldo dell'anno. La scelta di un sistema di schermatura ideale bloccherà al massimo la radiazione solare mentre permetterà la vista e consentirà alla brezza di entrare attraverso le finestre. Una scelta sapiente ed un corretto dimensionamento del sistema di schermatura consentono quindi un significativo controllo degli apporti termici dovuti alla radiazione solare incidente, sia su una superficie opaca che su una trasparente. Molti sono i

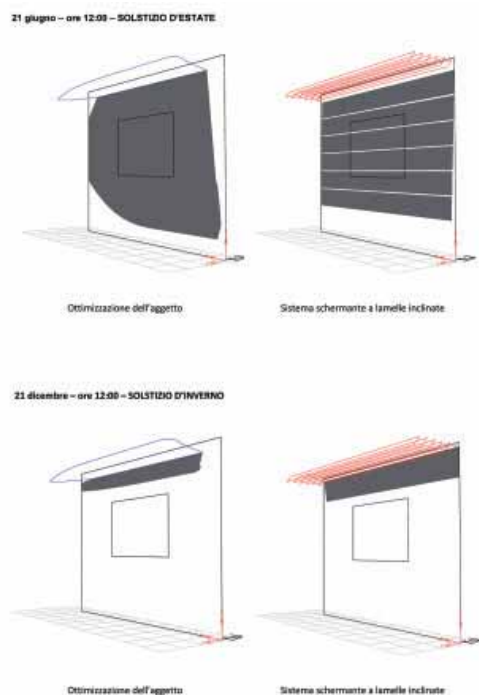


Fig. 3.33 Studi per la scelta del sistema di ombreggiatura ottimale.



fattori che determinano la migliore scelta dei sistemi di schermatura: il clima, il tipo di edificio, la destinazione d'uso ed i costi di costruzione. Tutto ciò richiede scelte architettoniche adeguate e soluzioni tecniche orientate in modo da rendere più efficace l'azione rinfrescante e risparmiare così energia elettrica; di qui una tendenza sempre più diffusa ad applicare strutture di protezione anche agli ambienti dotati di aria condizionata. Nell'ottica di un'acquisizione di queste particolari difese contro l'irraggiamento solare è necessario considerare ideali quelle strutture che permettono di intercettare i raggi solari dall'esterno prima che essi colpiscano l'involucro. La produzione di sistemi di schermatura artificiali, quali ad esempio i frangisole, è piuttosto ampia ed il suo repertorio si differenzia per materiali e forme: le soluzioni sono molteplici ed alcune si basano su un semplice elemento schermante, mentre altre sono il frutto di un vero e proprio studio trigonometrico delle diverse posizioni del sole durante tutto il periodo dell'anno e a tutte le latitudini.

#### **Fronte sud: Schermatura orizzontale.**

I sistemi di schermatura orizzontali posti sulla facciata sud sono ottimi in estate quando il sole è alto in cielo. Lo stesso sistema è meno efficace se posto sulla facciata est, o sud-est o sud-ovest.

#### **Fronte est-ovest: Schermatura verticale.**

Le facciate est ed ovest sono difficilmente schermabili a causa dei raggi di incidenza del sole bassi di mattino e di pomeriggio; la soluzione migliore quindi per questo tipo di orientamento, è data da sistemi a lamelle sia orizzontali che verticali, meglio se regolabili. Tale sistema per essere molto efficiente deve presentare una distanza tra le lamelle molto ridotta, con il rischio di ridurre però la visuale dall'interno.

I sistemi di schermatura presentano le seguenti caratteristiche:

- vantaggi ambientali. I sistemi di schermatura sono molto efficaci per il controllo del carico termico dovuto alla radiazione solare, ottimizzando i livelli di luce naturale all'interno degli ambienti;
- applicabilità. Offrono larga possibilità di applicazione sia in caso di nuova edificazione che nelle ristrutturazioni di edifici già esistenti;
- altri benefici. Migliorano i livelli di comfort termico e visivo degli spazi interni. Possono inoltre rappresentare elementi espressivi del linguaggio architettonico, caratterizzando l'involucro dell'edificio;
- costi/benefici. L'eventuale costo aggiuntivo può essere recuperato in breve tempo considerando il risparmio energetico sul raffrescamento e la riduzione del carico elettrico dovuto all'illuminazione artificiale.

Le schermature artificiali, sono classificabili dal punto di vista funzionale, secondo le seguenti variabili:

- obiettivo: che determina la percentuale di oscuramento da ottenere (controllo del campo luminoso o dell'intero spettro);

- geometria: determinata dall'esposizione e dalle esigenze di illuminazione (schermo orizzontale, verticale, continuo, discontinuo, ...);
- posizione: rispetto al componente vetrato (interna, esterna, nell'intercapedine);
- mobilità e gestione: per consentire attraverso lo scorrimento (orizzontale, verticale, a rotazione, ecc...) di modulare l'apporto della radiazione luminosa (schermo fisso, mobile, manuale, automatico, ...);
- materiale: con la scelta di materiali che secondo le loro caratteristiche contribuiscono alla riflessione e/o assorbimento della radiazione solare.

Negli interventi di recupero sull'esistente, la scelta delle variabili sopra individuate per l'uso degli elementi schermanti (frangisole) consente non solo di migliorare le prestazioni dell'edificio rispetto alla problematica del surriscaldamento estivo, ma offre nel contempo la possibilità di definire dal punto di vista architettonico una nuova configurazione dell'involucro, con l'aggiunta di elementi caratterizzanti che confluiscono all'edificio una ritrovata "qualità", spesso diluita nel tempo dal degrado.

Analizziamo ora quali sono le principali caratteristiche determinanti la scelta delle schermature per un intervento di recupero, in funzione degli obiettivi e delle condizioni specifiche in cui si trova il progetto.

### Schermature fisse

La categoria dei sistemi fissi di schermatura comprende tutti gli elementi strutturali quali i balconi e tutti gli aggetti o elementi non strutturali quali i tendoni esterni, le tende alla veneziana, gli scuri, e gli schermi.

Tali tipi di schermi difendono le aperture dall'esposizione ai raggi solari diretti, la cui dipendenza varia in modo costante in tutto l'arco dell'anno dall'angolo di incidenza del sole ad una latitudine ben precisa.

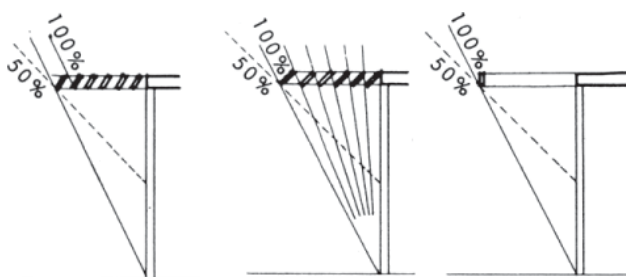


Fig. 3.34 Dimensionamento della schermatura esterna fissa.

Ogni orientamento andrà quindi valutato separatamente, esaminando le variabili dovute a: radiazione diretta, diffusa o riflessa e radiazione solare globale.

Generalmente, gli elementi schermanti fissi orizzontali sono applicati alle facciate rivolte a sud, mentre alette o frangisole ad asse verticale o diagonale sono spesso più efficienti quando posti sulle facciate est o ovest; nella progettazione, l'angolo di inclinazione terrà inoltre conto della direzione dei raggi solari rispetto a ciascuna

facciata nei diversi momenti della giornata. Ciò equivale a dire in particolare che la schermatura orizzontale sulle finestre esposte a sud è ideale perché alle nostre latitudini in inverno a mezzogiorno il sole le colpisce in pieno ed è basso sull'orizzonte; questo significa che la radiazione solare non viene schermata dagli aggetti orizzontali e può penetrare all'interno attraverso le finestre ed essere accumulata sotto forma di calore. In estate, al contrario, quando a mezzogiorno il sole colpisce queste stesse pareti a sud, la radiazione solare è fortemente angolata e viene così bloccata dagli aggetti orizzontali prima di colpire le superfici.

Le schermature fisse verticali invece hanno un impiego ridotto rispetto a quelle orizzontali ed il loro utilizzo è efficace solo per schermare le pareti esposte prevalentemente ad est e ad ovest; questo perché bloccano principalmente la radiazione molto inclinata, che in estate si ha solo nelle prime e ultime ore del giorno sui fronti est ed ovest dell'edificio.

I sistemi fissi di schermatura sono per lo più posti all'esterno delle facciate in modo da poter intercettare la radiazione incidente prima che raggiunga le superfici vetrate o altri tipi di aperture e disperdere così l'energia assorbita dalle schermature nell'aria esterna. Se progettati correttamente, questi sistemi riescono ad oscurare le aperture selettivamente per impedire il passaggio dei raggi solari diretti, senza però impedire la visione all'esterno.

Quando sistemati all'interno (nel caso di tende e/o scuri) la radiazione solare attraversa la superficie trasparente e penetra all'interno provocando un riscaldamento nell'ambiente, con conseguente riduzione dell'effetto schermante di circa un terzo.



Fig. 3.35a – 3.35b Esempi di schermatura esterna fissa.

### Schermature mobili

I sistemi mobili di schermatura sono caratterizzati da un comportamento dinamico e flessibile che consente di adattarli al meglio alle condizioni climatiche esterne; per questo motivo risultano, generalmente, più efficaci dei sistemi di ombreggiamento fissi, anche se richiedono, rispetto a questi ultimi, un minimo di manutenzione in più. La possibilità di adattare la posizione degli schermi alle diverse condizioni climatiche consente di massimizzare i guadagni termici in inverno e ridurli in

estate. Infatti utilizzando un sistema di ombreggiamento che si possa orientare a seconda della variazione del raggio di incidenza (frangisole a lamelle rotanti) ci consente, oltre alla schermatura nelle stagioni di massimo soleggiamento, la totale penetrazione nelle stagioni (prevalentemente in inverno) durante le quali è opportuno che la radiazione solare colpisca le superfici dell'involucro.

Uno dei sistemi più diffusi di schermatura mobile (oltre a quello classico del rotolante o "tapparella") è quello costituito da lamelle (tende alla veneziana) o pale (lame di grandi dimensioni), che in estate sono posti a completa chiusura degli elementi vetrati, e riflettono la radiazione solare verso l'esterno; in inverno, invece, lasciano completamente scoperte le superfici vetrate consentendo alla radiazione solare di raggiungere l'ambiente interno. La struttura di supporto di questi elementi è, generalmente, staccata dal resto dell'edificio; si viene quindi a creare un secondo involucro, leggermente distanziato da quello principale, che favorisce la canalizzazione dell'aria tra le due superfici e la dissipazione del calore. Questi sistemi, detti *veneziane* consentono quindi contemporaneamente la ventilazione e l'ombreggiamento permettendo di riflettere la luce naturale nelle varie direzioni, ad esempio verso il soffitto.

Altri tipi di frangisole mobili sono quelli costituiti da elementi in lamiera forata che sovrapponendosi garantiscono differenti tipi di ombreggiatura, variabile in percentuale a seconda delle forature lasciate libere dalla sovrapposizione. I raggi del sole, in tal modo, filtrano in modo diffuso creando particolari giochi di luce ed ombre.



Fig. 3.36a – 3.36b Esempi di schermature mobili esterne.

### Schermature interne

Le schermature interne garantiscono un adeguato livello di comfort proteggendo gli occupanti dagli effetti sgradevoli provocati dalla radiazione solare diretta e dall'abbagliamento. Questo tipo di sistema schermante, se da una parte rappresenta un vantaggio (consente di regolare a piacimento

l'ingresso della radiazione solare) dall'altra, non risolve il problema del carico termico dovuto al fatto che la radiazione solare incidente non viene intercettata prima di colpire la superficie vetrata, problema particolarmente rilevante specialmente per le pareti esposte ad ovest. Le veneziane interne, soprattutto se presentano una superficie riflettente, sono, comunque, in grado di ridurre questo "effetto serra", anche se questi dispositivi sono spesso poco graditi dagli utenti che li considerano elementi di ostacolo per la visione dell'esterno.

I sistemi di schermatura interni – quando compresi nell'intercapedine tra due vetri – offrono il vantaggio di essere generalmente più economici, ovviamente si orientano e si sistemano con più facilità di quelli fissi e possono essere utili per mantenere anche un elevato livello di privacy.

### Schermature esterne

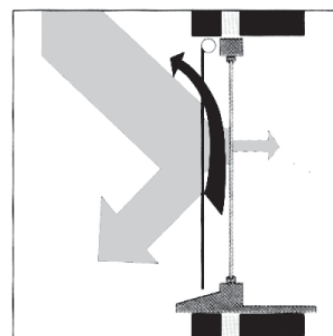
Il posizionamento delle schermature all'esterno della superficie, trasparente e/o opaca, rende questi sistemi molto efficaci per ridurre il carico termico: sono capaci di dissipare all'esterno la parte della radiazione solare assorbita. In questo modo si ottiene un incremento di quasi il 30% dell'efficacia rispetto ai sistemi interni, anche se questi ultimi presentano il vantaggio di essere spesso più economici e più facili da regolare manualmente.

Gli schermi, se regolati automaticamente, da un lato migliorano le prestazioni aumentando l'efficienza, dall'altro fanno aumentare i costi di installazione e di manutenzione.

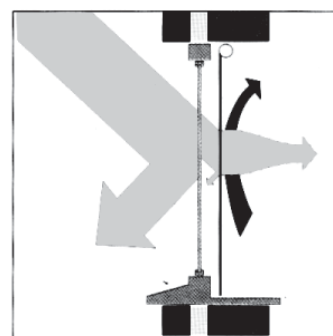
Le schermature esterne, fisse o mobili che siano, se progettate attentamente e verificate in base al comportamento dell'edificio rispetto all'esposizione e ai percorsi solari, possono risultare ottimi strumenti di controllo termico in quanto migliorano il grado di comfort interno, favorendo nel contempo un notevole risparmio energetico, oltre a dare all'edificio, nel caso di applicazione a-posteriori rispetto alla costruzione, un nuovo aspetto, a volte migliore.

### Il sistema shadovoltaic

Nei paesi del Centro e Sud Europa, la presenza di un clima favorevole ha creato un mercato di prodotti innovativi, quali ad esempio i sistemi fotovoltaici abbinati alle schermature.



External shading devices.



Internal shading devices.

Fig. 3.37 Il diverso posizionamento dell'elemento schermante (posto all'interno o all'esterno della superficie vetrata) influisce sul rendimento energetico dell'intero sistema.





Fig. 3.38a – 3.38b L'elemento schermante integrato nell'involucro edilizio.

Si tratta di sistemi (ad elementi trasparenti) che oltre a controllare la radiazione solare, integrano sulla propria superficie celle fotovoltaiche: con questi sistemi, un'intelligente manipolazione e un sapiente controllo dei movimenti di rotazione possono evitare o consentire l'ombreggiatura a seconda delle esigenze. In particolare, se gli elementi fotovoltaici sono traslucidi si ottiene all'interno dell'edificio un piacevole effetto di luce diffusa.

I vantaggi che si hanno nell'abbinare sistemi di schermatura trasparente con i sistemi fotovoltaici sono i seguenti:

- **raffrescamento naturale:** le celle fotovoltaiche vengono installate su una struttura aperta su entrambi i lati; situazione che favorisce la ventilazione, la circolazione dell'aria e il raffrescamento della superficie retrostante sulla quale vengono montati;
- **ottimizzazione dell'angolo:** le celle possono essere inclinate in modo tale da esporre la loro superficie ai raggi del sole, offrendo il 15% in più di efficienza rispetto ai sistemi a celle fisse. Lo stesso angolo garantisce il massimo effetto di schermatura;
- **schermatura a mensola (*Light shelf* vedi paragrafo 3.5):** in certe situazioni (ad esempio di cielo grigio in inverno), gli schermi possono essere inclinati in modo tale da riflettere la luce all'interno dell'edificio. Si possono realizzare a tale scopo speciali strutture in cui la parte posteriore degli schermi presenta una superficie riflettente.

È possibile inoltre rifinire le superfici non coperte dalle celle, in vari modi e con vari colori, affiancando, in tal modo, le esigenze di libertà compositiva ed espressiva dei progettisti con un attento controllo della radiazione solare e dell'abbagliamento e consentendo, al contempo, la visione all'esterno anche quando gli elementi sono "chiusi".

Il sistema *Shadovoltaic* diventa quindi uno strumento utile per esprimere al meglio la creatività dei progettisti riuscendo nel contempo ad ottenere un risparmio energetico sul trattamento e sul condizionamento dell'aria dovuto alla riduzione del surriscaldamento degli ambienti interni, e offrendo infine la possibilità di generare energia.





Fig. 3.39a – 3.39b Il sistema Shadovoltaic verticale ed orizzontale.

### 3.4 La ventilazione

Le condizioni di comfort termoigrometrico in un edificio non dipendono dalla sola temperatura dell'aria interna, ma da un'interazione di diversi fattori fra i quali la ventilazione (velocità dell'aria).

La ventilazione naturale gioca un ruolo chiave fra le tecniche di raffrescamento passivo: i moti d'aria, anche se non “freddi”, aiutano l'evaporazione raggiungendo livelli di comfort termoigrometrico.

I metodi utilizzati sono:

- la ventilazione passante o incrociata: collocando in uno stesso ambiente le aperture su due pareti contrapposte si favorisce il movimento di flussi d'aria;
- la ventilazione verticale o effetto camino: favorisce l'estrazione dell'aria da aperture collocate nella parte alta del locale e a volte collegate ad un condotto verticale d'estrazione. La differenza di densità dell'aria legata alla temperatura fa sì che l'aria calda, meno densa, esca da queste aperture poste in alto.

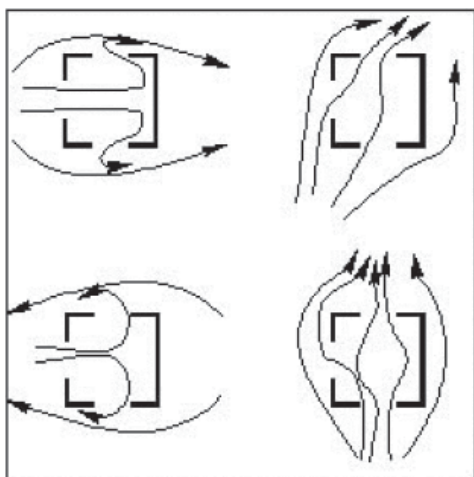


Fig. 3.40 Variazione dei flussi d'aria all'interno degli edifici in funzione della diversa direzione del vento.

Generalmente, entrambi i sistemi di ventilazione consentono una riduzione dei carichi di raffrescamento nell'ordine del 50%, ma la ventilazione verticale apporta benefici comunque superiori.

Nell'intervento sull'esistente è bene però non trascurare anche una valutazione a scala urbana, per potenziare le peculiarità climatiche del sito nel quale si opera; in questo senso, sarà importante individuare i dati relativi ai venti prevalenti estivi e invernali insistenti sull'area (velocità, direzione, frequenza) in modo da poterli sfruttare al massimo e potenziarne le capacità di raffrescamento con strategie che ne aumentino l'efficacia.

La distribuzione della pressione del vento è condizionata dalla direzione di provenienza, ma può variare notevolmente a causa dall'irregolarità del terreno, degli aspetti orografici dell'intorno ambientale e di ostacoli consistenti, quali edifici circostanti e particolari presenze arboree: ad esempio, un vento con direzione obliqua all'edificio ( $\alpha < 45^\circ$ ) consentirà di generare una ventilazione più efficace di quella prodotta dal vento perpendicolare.

Ricordiamo che la pressione è considerata positiva sulle facciate sopravvento e negativa per quelle sottovento, mentre le caratteristiche sulle altre parti di una struttura edificata sono da considerarsi di volta in volta, secondo la morfologia edilizia esistente.

La pressione tende sempre ad uniformarsi, ma solitamente le parti interne più elevate in un edificio, hanno una pressione dell'aria maggiore che non gli ambienti più bassi; così è importante individuare il livello neutro, vale a dire dove il valore della pressione è pari al valore medio. Questo ci informerà sulla distribuzione dei flussi d'aria interni: negli spazi superiori al livello neutro, l'aria tenderà ad uscire dalle finestre, mentre in quelli inferiori risulterà entrante.

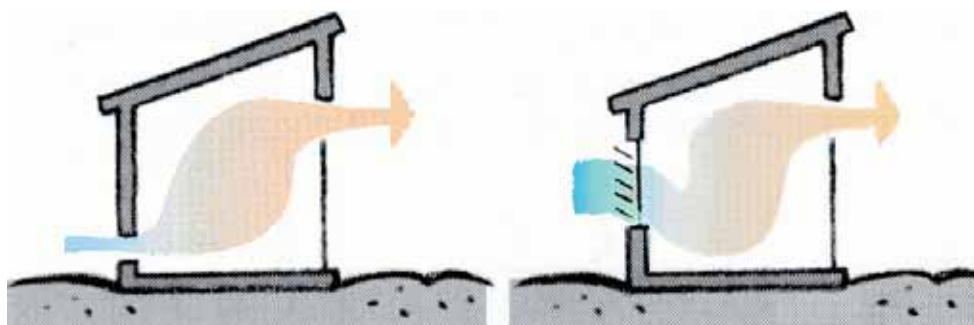


Fig. 3.41 Variazione dei flussi d'aria in funzione del diverso posizionamento delle aperture.

La conoscenza del livello neutro è quindi utile nel posizionamento delle aperture in un sistema di ventilazione naturale: l'aria calda più leggera sale ed esce dalle aperture più alte, mentre l'aria più fredda e più densa entra da quelle inferiori. Comunque, anche la presenza di un gradiente di temperatura interno, negli strati delle pareti (fatto assai frequente nei muri spessi delle vecchie strutture), tende a far spostare la posizione del livello neutro verso l'alto, così da creare situazioni

più complesse da controllare. Per assicurarsi che dalle aperture più elevate esca aria calda e da quelle basse entri aria fresca, conviene, dunque, sovradimensionare le finestre alte, rispetto a quelle sottostanti. In spazi interni provvisti di una sola apertura verso l'esterno, invece, il livello neutro sarà individuabile a metà altezza di finestra che, quindi, ospiterà i flussi d'aria in entrambe le direzioni.

### Vantaggi ambientali

La ventilazione naturale produce un significativo effetto sul raffrescamento interno dell'edificio, con una riduzione del carico termico e del fabbisogno energetico per il condizionamento estivo.

### Applicabilità

Nei casi di interventi di recupero, l'uso della ventilazione come strategia per un raffrescamento interno dell'edificio può essere limitata e ristretta a piccole variazioni delle dimensioni delle aperture o ad una revisione della suddivisione interna: infatti, la progettazione globale dell'edificio e del suo intorno giocano un ruolo fondamentale sull'efficacia del raffrescamento passivo per ventilazione.

### Altri benefici

La ventilazione naturale, abbinata ed integrata con strategie di controllo della radiazione solare o di raffrescamento passivo come umidificazione-evaporazione, consente di raggiungere elevati livelli di comfort termo-igrometrico.

### Costi/benefici

Generalmente, adottando le strategie più semplici, la ventilazione naturale non comporta extra costi.

#### 3.4.1 Posizionamento delle aperture

Per assicurare una ventilazione significativa, l'aria dovrà fluire da un'area di pressione positiva ad un'area di pressione negativa localizzate in pareti opposte, in modo da produrre un differenziale di pressione necessario all'instaurarsi di moti d'aria. La collazione reciproca delle aperture è, quindi, criterio essenziale quanto l'orientamento, dovendo contribuire al convogliamento dei venti prevalenti estivi. Le potenzialità della ventilazione da finestre poste su muri adiacenti si valutano secondo la distribuzione della pressione e la direzione del vento. Invece, per la ventilazione da finestre poste su un unico lato, l'altezza significativamente diversa tra di loro potrà consentire l'instaurarsi di moti d'aria per "effetto camino". Nel caso di ventilazione passante, finalizzandola al raffrescamento corporeo, le aperture dovranno essere poste ad altezza d'uomo. Aperture alte vicino al soffitto o aperture basse vicino al pavimento potranno raffrescare efficacemente la massa muraria dell'edificio e potranno essere utili per eliminare l'aria calda che si raccoglie vicino al soffitto (fenomeno di stratificazione termica).

Infine, per assicurare una ventilazione combinata (passante e ad effetto camino), l'apertura più alta di uscita dell'aria dovrà essere posta in posizione sottovento rispetto alla direzione prevalente in modo da evitare perturbazioni tra l'aria in uscita, dovuta all'effetto del gradiente di densità e l'aria in entrata dovuta al vento.

Simulazioni eseguite in galleria del vento hanno definito i seguenti criteri di posizionamento delle aperture all'interno degli ambienti, al fine di ottenere una buona ventilazione naturale:

- evitare di collocare aperture reciproche, direttamente su pareti opposte, in caso di vento perpendicolare; è consigliabile sfasarle (posizionamento in diagonale);
- posizionare aperture sia sopravvento che sottovento, perché il solo posizionamento sottovento non determina una ventilazione sufficiente.

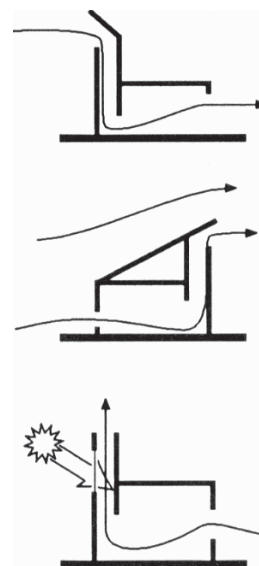


Fig. 3.42 Schema della torre del vento ad "effetto camino".

### 3.4.2 Tipo di aperture

Il tipo e il disegno delle aperture hanno un importante effetto sulla quantità e sulla direzione del flusso di aria. Ad esempio:

- le finestre a rotazione su asse verticale o scorrevoli orizzontalmente regolano la direzione del flusso in senso verticale;
- le finestre a rotazione su asse orizzontale regolano la direzione del flusso in senso orizzontale;
- per una deviazione verticale del flusso di aria è consigliabile usare finestre ad anta a rotazione.

### 3.4.3 Dimensioni delle uscite e delle entrate di aria

Il potenziale di ventilazione è proporzionale all'area di entrata: il 10% di superficie finestrata rispetto alla superficie calpestabile, consentirà un ricambio di 30 Ach. Inoltre, sul rapporto tra entrata e uscita dell'aria influirà il differenziale di pressione interna e la velocità massima del flusso stesso.

Generalmente, la dimensione delle uscite e delle entrate d'aria dovrebbe essere diversa perché l'entità quantitativa di ventilazione è principalmente funzione dell'apertura più piccola. Infatti, se un'apertura è più piccola, questa dovrebbe essere quella di entrata dell'aria, perché massimizza la velocità del flusso di aria esterna; è infatti la componente velocità che ha l'effetto più importante sul comfort.

L'ubicazione dell'entrata d'aria, non solo determina la velocità, ma anche il modello del flusso d'aria. Al contrario, l'ubicazione dell'uscita dell'aria ha effetto minore sulla velocità dell'aria e sul modello di flusso.

### 3.4.4 La distribuzione interna degli spazi

Gli spazi interni dovranno essere opportunamente distribuiti tenendo conto dell'orientamento dell'edificio, della posizione delle aperture, delle destinazioni d'uso dei locali, dei periodi di occupazione. Questi sono, infatti, i parametri che determinano l'entità degli apporti energetici.

#### Distribuzione orizzontale (planimetrica)

Principalmente, l'efficacia della ventilazione e la distribuzione di velocità dell'aria dipendono dall'ubicazione degli spazi interni e delle partizioni rispetto alla direzione prevalente.

Ad esempio, negli interventi di recupero, sarà preferibile ridurre la suddivisione cellulare dello spazio in quanto essa aumenta la resistenza al flusso d'aria. Infatti, le partizioni dovrebbero essere localizzate così che lo spazio maggiore sia sul lato sopravento e il collegamento tra stanze dovrà rimanere aperto il più possibile.

Nel caso di schema distributivo a corridoio centrale, la ventilazione passante risulterà limitata: sarà quindi possibile usare soprafinestre apribili o griglie.

Ricordiamo, per finire, che la potenzialità della ventilazione passante è legata alla profondità dell'edificio, che dovrà essere almeno pari a quattro volte l'altezza dello spazio da ventilare.

#### Distribuzione verticale (sezione)

Essa influenza notevolmente la ventilazione per effetto camino. Per implementare gli effetti della ventilazione, i flussi d'aria potranno essere convogliati nei vani di comunicazione o tecnici (vano scala...). Altri spazi con sviluppo verticale (doppio volume...) potranno essere usati come condotti per il movimento ascensionale dell'aria. È importante notare che la scelta della ventilazione ad effetto camino dovrà essere ponderata in modo da ottemperare alle prescrizioni generali di prevenzione incendi.

Un altro sistema, definito *torre di vento*, può risultare estremamente efficace ma di più difficile inserimento in un progetto di recupero dell'esistente.

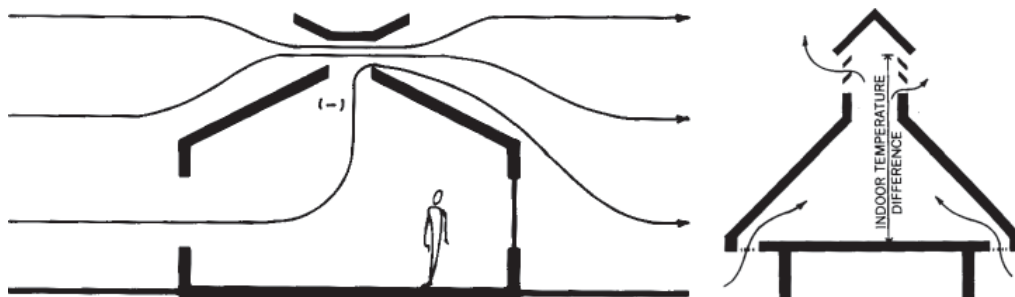


Fig. 3.43 Esempio di deviazione del flusso d'aria dovuto alla presenza di un'apertura a soffitto.



### 3.4.5 Gli aggetti

Gli aggetti verticali posizionati al fianco delle aperture, possono migliorare la ventilazione perché provocano una diversa distribuzione della pressione, con effetti positivi per venti a  $45^\circ$  rispetto al muro della finestra, mentre hanno minori benefici per venti frontali.

È comunque importante notare che ciascuna finestra deve avere solamente un aggetto verticale.

Il posizionamento di finestre su una facciata, determina la quantità ma anche la direzione iniziale dell'aria entrante nell'edificio. La disposizione della finestra fuori del centro del muro consente una deviazione iniziale del flusso d'aria, perché la pressione positiva è più grande su un lato della finestra; per migliorare la ventilazione, il flusso d'aria dovrà essere deviato in direzione opposta. L'aggetto verticale potrà, quindi, essere usato per cambiare l'equilibrio della pressione e, così, la direzione del flusso di aria.

Un unico aggetto orizzontale posto sopra una finestra invece causerà una deviazione del flusso di aria verso il soffitto, perché esso previene la pressione positiva sopra di esso in modo da bilanciare la pressione positiva sotto la finestra.

### 3.4.6 La ventilazione notturna

La temperatura dell'aria notturna è significativamente più bassa dell'aria diurna. Questo scambio termico notturno tra la massa dell'edificio e l'aria esterna a temperatura inferiore è uno dei metodi di raffrescamento passivo più efficace. In pratica, il calore accumulato dalla massa di un edificio durante il giorno sarà rimosso per convezione, incrementando lo scambio termico notturno. Durante il giorno seguente, la massa pre-raffrescata potrà funzionare come un serbatoio di

calore, riducendo i picchi giornalieri della temperatura dell'aria interna di circa  $3-4^\circ\text{C}$ .

Questa strategia di raffrescamento è molto efficace in climi che presentano forti escursioni diurne estive (non inferiore ai  $5/4^\circ\text{C}$ ).

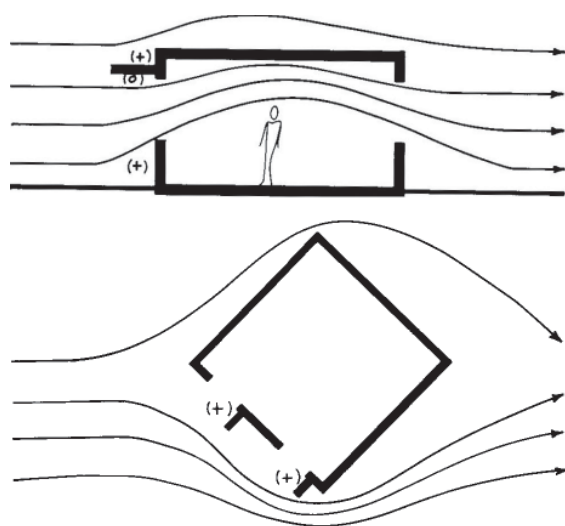


Fig. 3.44 Esempi di deviazione del flusso d'aria dovuto alla presenza degli aggetti orizzontali e verticali.

### 3.4.7 I ventilatori a soffitto

Spesso l'insufficienza di vento e la situazione sfavorevole in zone molto trafficate e inquinate rendono consigliabile l'uso di sistemi meccanici, per forzare l'estrazione dell'aria dall'ambiente interno.

L'uso di ventilatori meccanici (producono moti d'aria attraverso un

richiamo dell'aria) è, quindi, raccomandato in quanto questi apparecchi risultano molto efficienti e consumano poca elettricità (tra 20 e 80 W per ventilatore). Mantenendo una velocità dell'aria intorno a 1 m/s, la sensazione di benessere termico risulta piacevole, anche se la temperatura è superiore ai 27 °C e l'umidità al 75%.

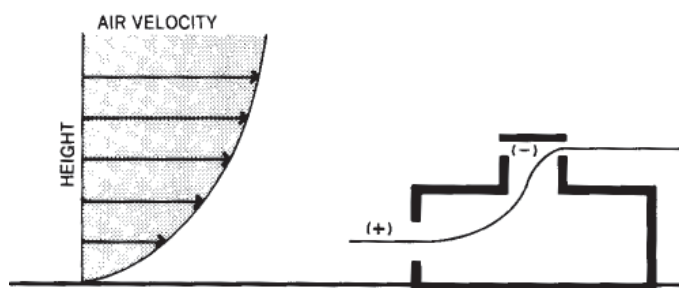


Fig. 3.45 Distribuzione della velocità dell'aria provocata dai ventilatori a soffitto.

### 3.5 L'illuminazione naturale

La luce naturale all'interno delle costruzioni è un importante contributo per il benessere umano. L'illuminazione diurna, con le sue variazioni di colore e di intensità nel corso della giornata e dell'anno consente una percezione del passare del tempo, riportando le sensazioni delle persone ad un'attenzione per i ritmi naturali. La natura dinamica e variabile dell'illuminazione naturale è vista come un pregio piuttosto che un difetto. Essa riesce, infatti, a soddisfare le necessità biologiche in funzione del ritmo naturale che cambia nell'arco della giornata e contribuisce a determinare un'atmosfera più stimolante di quella ottenibile con l'utilizzo della luce artificiale. L'impiego delle tecniche più avanzate di illuminazione naturale permette di dosare la giusta quantità di luce orientandola in modo uniforme ed eliminando alcuni aspetti negativi come l'abbagliamento o il calore eccessivo dovuto al surriscaldamento. In edifici come scuole, uffici, piccole industrie, spesso il 50% del consumo energetico è dovuto all'illuminazione elettrica. In base alle zone climatiche e alla tipologia degli edifici, l'uso della luce naturale può, portare ad un risparmio energetico elevato: ad esempio, un edificio che si trova in una zona costiera temperata, utilizzando la luce naturale, riesce a conseguire un risparmio del 20%.

Per raggiungere l'obiettivo di un buon livello di illuminazione naturale interna si possono seguire varie strategie. Molte di queste possono essere condotte facilmente, con semplici considerazioni grafiche: contribuisce all'illuminazione naturale non solo la forma esterna dell'edificio con la sua esposizione, ma anche la distribuzione dello spazio interno, che deve seguire una logica tale da ottimizzarne l'uso (gli elementi di divisione dello spazio interno ad esempio, non fanno altro che bloccare la propagazione della luce naturale, a meno che

non vengano realizzati in vetro). Così come è necessario considerare, per una buona progettazione con la luce naturale, la scelta delle rifiniture interne che nella norma è l'ultimo passo della fase progettuale, ma che invece, affinché contribuisca al potenziamento degli effetti sull'illuminazione, dovrebbe essere presa in considerazione molto prima.



Fig. 3.46 Grandi superfici vetrate per la distribuzione della luce naturale.

### Vantaggi ambientali

In base alle zone climatiche e alla tipologia degli edifici il corretto uso ed il sapiente controllo della luce naturale può portare ad un netto miglioramento delle condizioni di comfort visivo interno e ad un grosso risparmio energetico.

### Applicabilità

La progettazione basata sul controllo della luce naturale spesso non implica un incremento della superficie vetrata; richiede invece una progettazione attenta delle aperture per una vera e sapiente distribuzione qualitativa e quantitativa della luce.

Inoltre la natura dinamica e variabile della luce viene vista come un pregio: essa riesce a soddisfare le necessità biologiche in funzione del ritmo naturale che cambia nell'arco dell'intera giornata.

## Costi/benefici

Gran parte degli extra-costi dovuti allo sfruttamento dell'illuminazione naturale viene compensato dalla riduzione dei consumi energetici (elettrici) che comporta anche una riduzione della spesa economica per via della minore potenza impegnata.

### 3.5.1 Le superfici vetrate: semplici accorgimenti progettuali

Esse consentono un ingresso della radiazione solare diretta o della componente riflessa, con un'interazione fra la vista dell'esterno e la ventilazione naturale. Con una superficie vetrata si raggiunge un ottimo livello di illuminamento nella zona più vicina all'apertura, che però rapidamente decresce con l'aumentare della distanza dall'apertura, fino a raggiungere livelli insufficienti a garantire una buona visione. Spesso, specialmente durante la stagione estiva, la visione diretta del cielo provoca fenomeni di abbagliamento e la radiazione solare che attraversa direttamente la superficie vetrata crea un eccesso tale di luminosità da richiedere l'adozione di adeguati sistemi di schermatura.

Per ovviare a questi inconvenienti, caratteristici delle normali superfici vetrate, è necessario seguire alcune semplici strategie:

- *le aperture dovrebbero essere posizionate nella parte alta della parete, essere ben distribuite sulla facciata ed avere una superficie ottimizzata.* La quantità di luce naturale aumenta e si distribuisce in un ambiente in relazione all'altezza delle aperture e alla loro modulazione sulla parete (si eviti di concentrare le aperture in una stessa zona);
- *dove possibile è auspicabile avere superfici vetrate su più pareti.* Ad esempio, l'inserimento di aperture su due pareti contigue è molto utile per ridurre l'abbagliamento perché la radiazione solare che entra da ciascuna finestra si riflette sulla parete di fronte, creando un intreccio di luminosità tale da ridurre il contrasto fra la parte illuminata e quella in ombra;
- *utilizzare la luce riflessa dal soffitto garantisce una distribuzione più uniforme e diffusa in tutto l'ambiente;*  
esistono tanti modi per riflettere la luce naturale sul soffitto: negli edifici esistenti per esempio rivestire un patio o passaggi pedonali o percorsi con materiali o colore brillanti, consente di ottenere una notevole quantità di luce riflessa. Davanzali più larghi o mensole (light shelves) si rivelano molto efficaci, ma il sistema migliore per ottenere una luce riflessa al soffitto e poi diffusa, è rappresentato dall'uso di persiane o sistemi simili di schermatura esterna. Le veneziane sono sistemi molto efficaci per ridirezionare la radiazione diretta, evitare l'abbagliamento e controllare l'accumulo di calore, specialmente se sono inserite nelle aperture poste a est e ad ovest e sono dotate di sistemi mobili tali da rispondere bene alle diverse condizioni climatiche e di soleggiamento;
- *modellare il davanzale inferiore e superiore delle finestre come se fosse uno strumento di captazione e riflessione della luce;*

questa soluzione consente, anche in presenza di aperture con modeste dimensioni, sia di migliorare la visione dell'esterno che di innalzare i livelli di illuminazione naturale dell'ambiente interno;

- *posizionare le aperture vicino alle pareti interne adiacenti*, in modo da utilizzare le superfici delle pareti laterali come schermi riflettenti per ridurre e ridirezionare la radiazione solare; si evita in questo modo anche l'abbagliamento perché si riduce il contrasto fra i diversi livelli di illuminamento;
- *schermare la radiazione diretta senza ostacolare l'ingresso della luce naturale*. Vari sistemi di schermatura possono controllare la radiazione solare diretta: un largo oggetto verticale, magari colorato di bianco, posto sopra una superficie vetrata o un pannello verticale posto all'esterno, consente di ottenere all'interno un buon livello di luce riflessa e diffusa. Più comodi però risultano i sistemi mobili di schermatura, perché non solo si adattano meglio alle diverse condizioni climatiche seguendo il naturale percorso della radiazione solare, ma consentono anche un buon livello di visione dell'esterno (vedi paragrafo 3.3.1 sui sistemi di ombreggiamento);

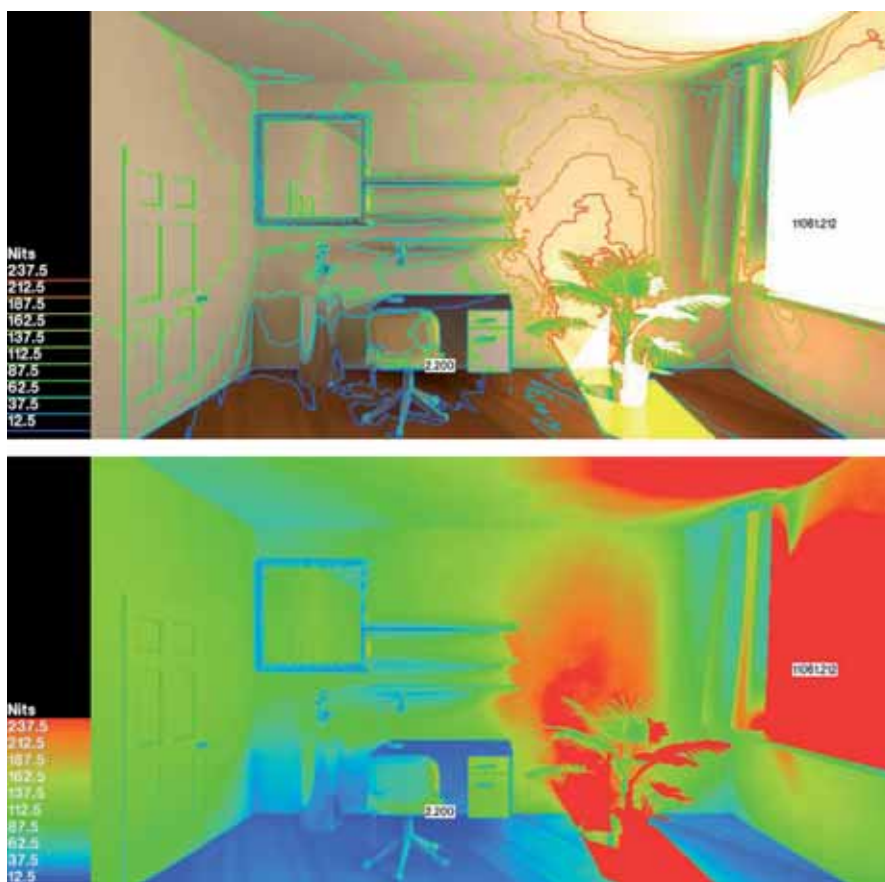


Fig. 3.47a – 3.47b Simulazione per il controllo della luce naturale negli ambienti.



- *strombare o arrotondare il davanzale e rendere la superficie muraria liscia il più possibile* per avere un comportamento simile alla superficie vetrata. Spesso accade, infatti, che la superficie risulti talmente scura da assorbire grosse quantità di radiazione solare, aumentando il contrasto fra i diversi livelli di luminosità interna;
- *filtrare la radiazione solare*, rendendola più soft, inserendo della vegetazione o sistemi di schermatura traslucidi o tendaggi, può risolvere in modo più semplice e veloce il problema dell'abbagliamento.

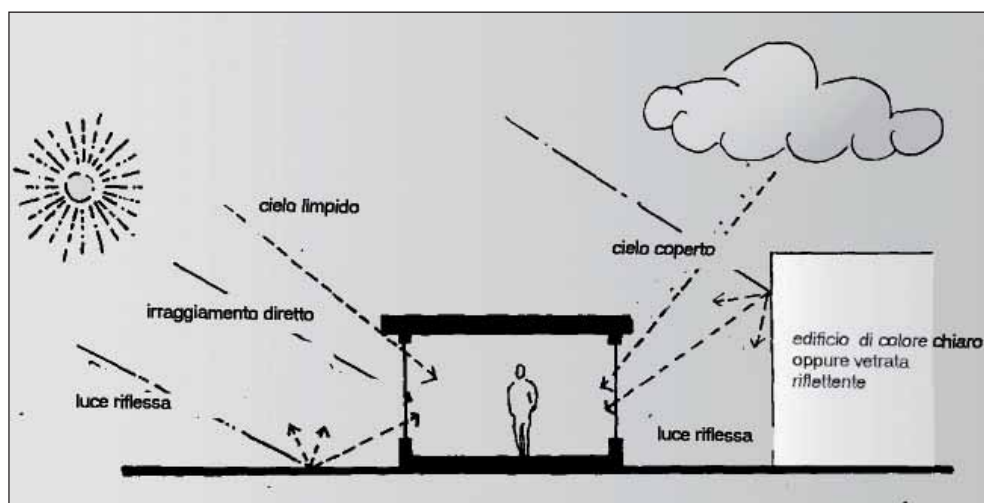


Fig. 3.48 La componente diretta, diffusa e riflessa della radiazione solare.

### 3.5.2 La mensola riflettente (light shelf)

Una strategia innovativa, per una migliore distribuzione della luce, è rappresentata dalla installazione di una mensola orizzontale posta nella parte alta della finestra, ad un'altezza tale da non disturbare la visione all'esterno, ma sotto il livello del soffitto, spesso aggettante sia all'esterno che all'interno della sezione della finestra. La mensola rappresenta una particolare tipologia, con forma semplificata, di un sistema selettivo usato negli ambienti che presentano la facciata molto esposta alla radiazione solare. Essenzialmente altro non è che uno schermo, un diaframma orizzontale (o di forma quasi orizzontale), che determina un'ombreggiatura nella parte sottostante, mentre la superficie superiore capta la luce all'esterno dell'edificio e la riflette all'interno. Questa mensola, che prende il nome di *light shelf*, può consentire altresì di realizzare l'infisso con una diversa tipologia di superficie vetrata nella parte superiore rispetto a quella presente nella parte inferiore. L'inserimento della mensola, all'interno o all'esterno della sezione, è il principale strumento di controllo dell'illuminazione naturale per prevenire il fenomeno del surriscaldamento, mantenendo un'alta qualità della luce naturale all'interno degli edifici e consentendo una libera visione dell'esterno. In estate, il carico termi-

co dovuto alla radiazione diretta (irraggiamento) è ridotto dalla presenza della schermatura o dall'aggetto, senza provocare però una riduzione della radiazione solare invernale o del livello di illuminazione naturale all'interno della stanza.

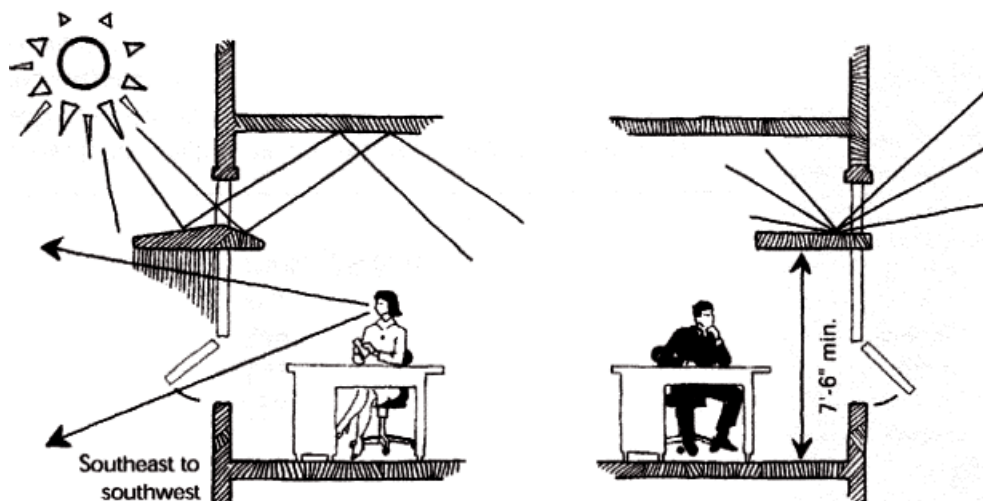


Fig. 3.49 Schema di comportamento di una mensola riflettente.

### 3.5.3 Il condotto solare

Il condotto solare è uno spazio-luce pensato per riflettere la radiazione solare negli spazi interni più bui; si tratta di dispositivi tubolari in grado di captare la luce naturale attraverso un elemento captatore (rappresentati da superfici speculari quali lenti Fresnel, pannelli riflettenti, sistemi a specchi, ecc...) che la conduce all'interno del condotto tramite la superficie rivestita con materiali ad alto coefficiente di riflessione (specchi, lastre di alluminio o pellicole microprismatiche del tipo PMMA) amplificando, così, il livello di illuminamento degli ambienti. La radiazione solare è così captata e controllata, raccolta secondo delle tracce, concentrata e indirizzata verso la parte centrale o inferiore dell'edificio; questa tecnologia permette di portare la luce naturale negli ambienti interni privi di luce, senza aperture dirette sull'esterno, migliorando i livelli di illuminamento anche nelle parti dell'edificio lontane dalle zone finestate. L'installazione dei condotti solari in copertura, in particolare può essere una soluzione vantaggiosa per il risanamento di stanze o zone cieche degli edifici, per l'illuminazione di corpi di fabbrica profondi, di ambienti open space, dove il contatto con le aperture perimetrali e quindi con l'esterno non sempre è possibile.

Le dimensioni tipiche della sezione di questi condotti di luce sono comprese fra 0,5 m e 1,2 m con un'altezza che può raggiungere anche i 15 m.

Potrebbe sembrare il sistema più complesso e macchinoso per ottenere un buon livello di luce naturale all'interno di un ambiente, ma ad oggi rappresenta una strategia con indubbi vantaggi di risparmio e di comfort visivo e ambientale,

anche perché sono ormai numerosi i dispositivi “solar tube” in commercio pronti per una facile installazione, in ogni caso possono essere progettati anche ad hoc. Possono essere integrati negli involucri edilizi (in copertura), senza comportare stravolgimenti sostanziali o irreversibili e nel caso di centri storici l’invisibilità di questa tecnologia diventa una caratteristica vantaggiosa: per le sue piccole dimensioni questo intervento risulta quindi non-invasivo.

Essendo comunque legato alla presenza di una luce naturale diretta, ed essendo relativamente costoso da installare, presenta un beneficio ottimale in quelle regioni dove condizioni di cielo terso e aria limpida sono garantiti per gran parte dell’anno.



Fig. 3.50 I camini solari utilizzati nell'ospedale pediatrico A. Meyer di Firenze.

### 3.5.4 I lucernari

A causa della grande quantità di radiazione solare incidente sulla superficie orizzontale durante la stagione estiva, specialmente alle nostre latitudini, i lucernari provocano un considerevole aumento del carico termico e spesso si evita il loro inserimento per la captazione luminosa al fine di ridurre il fabbisogno energetico necessario al conseguente raffrescamento. Comunque, se in fase di progetto si controlla attentamente l’area di influenza e la superficie del lucernario in modo tale che tutta la radiazione solare in ingresso sia utilizzata per l’illuminazione naturale, l’incremento che si registra sul carico termico interno comporterà un consumo di energia (dovuta al raffrescamento) sempre più basso di quello che

si avrebbe utilizzando l'illuminazione artificiale; questo perché l'efficienza della luce naturale è alta (circa 95 lm/W) se paragonata a quella della luce fluorescente (circa 60 lm/W).

151



Fig. 3.51a Integrazione architettonica di un lucernario: miglioramento delle condizioni di comfort termico e luminoso negli ambienti interni.





## ■ 4 Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

### Introduzione

Si sintetizzano qui alcuni metodi e strumenti di simulazione del comportamento energetico di un edificio, strumenti utili al progettista sia in fase di progetto preliminare che nel caso di indagini energetiche mirate alla riqualificazione di un edificio esistente. Da precisare che non esiste un unico strumento in grado di dare tutte le risposte utili all'analisi di un edificio, analisi che può essere non solo energetica ma sul soleggiamento e sui percorsi solari, analisi della ventilazione naturale, analisi del comfort indoor (termico, luminoso, acustico). A seconda del livello di approfondimento, può essere talvolta necessario utilizzare strumenti diversi; in generale si tende a fare una indagine di massima e poi se necessario approfondire le tematiche con strumenti specifici.

### 4.1 Progetto e valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

Lo studio e il progetto di nuovi edifici o di riqualificazione di edifici esistenti passa oggi quasi in maniera obbligata dall'indagine energetica che sempre più di frequente viene condotta con l'uso di software di simulazione. Le indagini possono essere di vario tipo e l'approccio di analisi prevede in generale i seguenti passaggi obbligati:

- costruzione del modello di analisi;
- recupero file climatico del sito;
- caratteristiche dell'involucro;
- analisi dei risultati.

#### Costruzione del modello di analisi

Il modello deve rispondere alle esigenze dell'indagine; questo vuol dire che il progettista deve inizialmente stabilire l'obiettivo dell'analisi. A seconda del tipo di indagine da svolgere, il modello geometrico da costruire nel software di simulazione avrà caratteristiche diverse. Uno dei passaggi più delicati infatti è proprio la simulazione di un edificio cercando di sintetizzarlo e semplificarlo in maniera opportuna. Se devo investigare dal punto di vista del soleggiamento e dell'illuminazione naturale, non è importante definire le caratteristiche termofisiche dei componenti edilizi, ma sarà necessario e sufficiente individuare lo spessore delle murature (che su edifici esistenti storici possono influire notevolmente sull'illuminazione naturale di interni) e le caratteristiche delle finiture superficiali (per esempio, il colore della finitura superficiale e l'eventuale rugo-

sità della superficie), nonché il contesto esterno che influenza la luce riflessa all'interno dell'ambiente. Nel caso in cui invece dovessi svolgere analisi di tipo termico, sarà necessario avere informazioni sulle caratteristiche termo-fisiche dell'involucro; spesso è necessario sintetizzare l'edificio e ragionare per zone termiche, cioè per zone che scambino energia tra di esse e con l'esterno. Per esempio: se volessi confrontare il comportamento termico di un appartamento posto all'ultimo piano di un edificio con il comportamento termico di un appartamento posto ad un piano intermedio, sarà sufficiente costruire sul modello geometrico due sole zone termiche da mettere a confronto. Se invece lo scopo dell'indagine termica è vedere il comportamento energetico di ciascuna zona dell'appartamento, sarà allora necessario costruire un modello geometrico con un numero di zone termiche pari al numero di vani dell'appartamento, oltre alle zone termiche con cui l'appartamento scambia energia (per esempio vani scala o appartamenti vicini o garage o cantine).

### Recupero file climatico del sito

È necessario contestualizzare l'oggetto da studiare, non solo dal punto di vista plano-altimetrico ma anche dal punto di vista delle coordinate geografiche (latitudine e longitudine per gli studi legati al soleggiamento) e dal punto di vista delle informazioni climatiche. Normalmente si cercano file climatici compatibili con lo strumento software che si sta adoperando; i file climatici possono essere di vario tipo e con estensione diversa e possono contenere informazioni orarie giornaliere annuali oppure informazioni sui valori medi mensili. In entrambi i casi, un file climatico contiene normalmente informazioni su:

- temperature esterne;
- umidità relativa esterna;
- velocità del vento;
- prevalenza del vento;
- piovosità del sito;
- radiazione solare diretta;
- radiazione solare diffusa.

Il governo degli Stati Uniti d'America, raccoglie file climatici in formato .stat oppure in formato .epw e sono il risultato di valori medi di almeno 10 anni di dati climatici. Ma cosa fare se devo studiare il comportamento energetico di un edificio sito in una località di cui non trovo specifico file climatico? In questo caso ho due strade da perseguire:

- posso costruire un file climatico raccogliendo le informazioni necessarie e cioè la raccolta dati di almeno 10 anni;
- oppure posso cercare tra i file climatici esistenti quelli che sono più simili al sito di interesse.

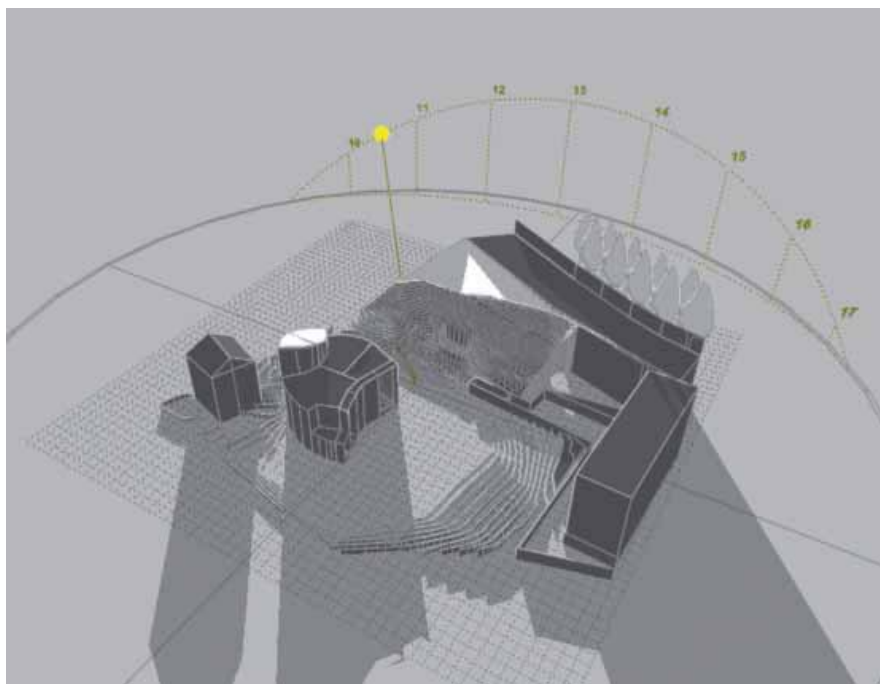


Fig. 4.1 Percorso solare e studio delle ombre in ECOTECT (Autori: G. Alcamo, S. Murgia).

### Caratteristiche dell'involucro

Per uno studio approfondito sul comportamento termo-dinamico dell'edificio è necessario fornire al sistema software le informazioni necessarie per caratterizzare i componenti opachi e trasparenti dell'involucro. E' necessario quindi indicare le stratigrafie delle pareti e degli elementi orizzontali con indicazioni sulla conduttività termica, peso specifico, densità, capacità termica; per gli elementi trasparenti è necessario specificare le caratteristiche del telaio e dei vetri. Lo scopo è fornire ai sistemi software informazioni sufficienti affinché sia possibile stimare il comportamento termico dell'involucro nel suo insieme, tenendo conto degli scambi termici per trasmissione, convezione e irraggiamento, e della massa termica dell'involucro. L'orientamento dell'edificio influenzerà gli apporti solari termici gratuiti e darà informazioni sulle dispersioni per ventilazione legate alla prevalenza dei venti e alle aperture dell'involucro verso l'esterno.

### Analisi dei risultati

A seconda dello studio effettuato e del tipo di software utilizzato, gli output possono essere di vario tipo, per esempio:

- comportamento termico e consumi energetici;
- illuminazione naturale e integrazione di luce artificiale e relativi consumi;
- valutazione del comfort interno (benessere termo-igrometrico e/o luminoso e/o acustico);
- qualità dell'aria interna;

- scambi termici tra zone adiacenti;
- ventilazione degli ambienti (meccanica e naturale) e percorsi di ventilazione (CFD);
- infiltrazioni d'aria;
- efficacia dei sistemi di ombreggiamento;
- studio dei percorsi solari relativi al sito;
- effetti dell'orientamento.

Gli output possono quindi essere forniti dagli strumenti software in modalità tabellare o grafica ovvero, nel caso dei percorsi solari, anche attraverso delle *movie*. I suddetti risultati possono essere talvolta estrapolati da un unico strumento software e spesso possono essere correlati tra loro. Tuttavia, esistono anche strumenti che non consentono lo studio globale, nei termini suddetti, ma si occupano solo di uno o di alcuni di questi punti. Maggiori sono le problematiche prese in considerazione, più complesso è il modello. Naturalmente, per fornire strumenti più adeguati alle prime fasi del processo di progettazione, il numero dei problemi considerati si mantiene al minimo. Di conseguenza, l'uso di strumenti più complessi è adatto negli stadi più avanzati del progetto in modo da garantire che tutti i problemi energetici connessi siano analizzati nei minimi dettagli. Laddove le problematiche diventano più complesse o critiche, diventa necessario l'uso di strumenti di simulazione agli elementi finiti. Tuttavia, lo scopo principale nell'uso di tali strumenti, per una progettazione energeticamente efficiente, consiste nel raggiungere un buon equilibrio tra tutti i fattori che in essa concorrono al fine di minimizzare il consumo energetico. Sfortunatamente nessuno strumento di progettazione permette di raggiungere tale risultato automaticamente, in quanto si tratta di un processo iterativo che richiede una determinata competenza del team di progetto, insieme all'utilizzo di strumenti appropriati.

Sono disponibili diversi pacchetti software che analizzano l'aspetto specifico di uno o più componenti dell'edificio e alcuni di essi verranno esposti di seguito.



Fig. 4.2 Studio della distribuzione della luce naturale. (Autori: A. Magario, E. Terlini).

## 4.2 Un panorama dei programmi per la progettazione e la valutazione energetica degli edifici

Gli strumenti di controllo per la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici possono essere classificati in due gruppi principali:

- strumenti di valutazione in regime dinamico;
- strumenti di valutazione in regime stazionario.

Gli strumenti di valutazione energetica in **regime dinamico** sono software che utilizzano algoritmi di calcolo complessi, spesso agli elementi finiti, e possono essere utilizzati dal progettista per il controllo di uno specifico componente ovvero per il controllo del sistema edilizio nel suo complesso. Vengono utilizzati per valutare la prestazione energetica di un edificio sito in una specifica località, contestualizzando le caratteristiche termo-igrometriche dei singoli componenti, studiandone l'effetto di sistema e apprezzandone il comportamento in termici dinamici. Tengono quindi in conto non solo gli effetti delle specifiche trasmittanze termiche, ma anche dell'inerzia termica del sistema costruito in un determinato contesto climatico, con un determinato orientamento, quindi specificamente soggetto a radiazione solare variabile durante la giornata e venti di velocità e temperatura variabili durante l'arco orario annuale.

Il progettista utilizza sempre più spesso strumenti in regime dinamico sia in fase di progettazione preliminare che in fase di controllo del costruito. Negli ultimi anni, i cambiamenti climatici, le esigenze di sostenibilità ambientale hanno portato i progettisti ad un controllo più consapevole del progetto architettonico dal punto di vista energetico ed ecco quindi la necessità di sviluppare nuove competenze anche sullo studio del patrimonio edilizio esistente, sempre più spesso soggetto ad interventi di riqualificazione energetica.

Anche in quest'ultimo caso, software di simulazione in regime dinamico, consentono lo studio comparativo di edifici esistenti con edifici potenzialmente meno energivori che, con opportuni interventi di riqualificazione, consentono una ottimizzazione dei consumi energetici annuali e un miglioramento delle condizioni di confort termico, luminoso e acustico.

Gli strumenti che consentono di studiare il comportamento termico di un edificio in regime dinamico utilizzano algoritmi di calcolo complessi che fanno riferimento al contesto climatico esterno (variabile), e le variabili climatiche sono relative alla temperatura esterna, all'umidità relativa esterna, alla radiazione solare diretta e diffusa, alla componente di cielo (coperto o sereno), alla velocità e alla direzione del vento e tengono spesso conto della piovosità, in termini di precipitazioni. I dati climatici sono generalmente archiviati in files che contengono le informazioni precedenti orarie, annuali e sono generalmente costruiti facendo riferimento alla media dei valori orari di almeno 10 anni.

Oggi la tendenza in Europa è di introdurre i software in regime dinamico per la valutazione del comportamento energetico di un edificio con algoritmi di

calcolo unificati che possano consentire il controllo e la valutazione di edifici diversi in tutti i paesi Europei.

Gli strumenti di valutazione energetica in **regime stazionario**, sono normalmente utilizzati per verificare che l'edificio soddisfi dal punto di vista energetico le normative vigenti, nazionali. Si tratta quindi di codici di calcolo che tengono conto per esempio delle temperature medie mensili e che non consentono di ottimizzare il comportamento energetico dell'edificio adattandolo alle variabili orarie annuali. Consentono però di prevedere la spesa energetica annuale per riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria, ventilazione e illuminazione, senza tenere conto della variabilità del clima, consentendo quindi il dimensionamento dei relativi impianti in condizioni estreme.

Tra gli strumenti suddetti, alcuni possono essere classificati come strumenti di controllo specifico mentre altri possono essere classificati come strumenti di controllo globale.

Gli **strumenti di controllo specifico** forniscono assistenza alla progettazione, per esempio nel calcolo delle trasmittanze termiche dei componenti dell'edificio oppure per valutare l'impiego di tecniche specifiche come l'uso della ventilazione naturale; infine, per analizzare il comportamento dell'intorno ambientale in cui insiste l'edificio, per studiarne per esempio i percorsi solari giornalieri, annuali o l'effetto canyon.

Questi strumenti di controllo possono aiutare i progettisti a comprendere e valutare in che modo influiscono le diverse tecniche e i sistemi introdotti nell'edificio, nelle differenti condizioni al contorno, consentendo così un'indagine approfondita dei parametri specifici dell'ambiente costruito.

Questi strumenti prevedono procedure di calcolo indipendenti da quelle volte alla definizione di un comportamento globale dell'edificio e, infatti, non prevedono la valutazione nel quadro ambientale globale dell'edificio. Come detto precedentemente, si tratta di strumenti che forniscono complessi algoritmi di calcolo e necessitano spesso di specifiche competenze o di un'assistenza progettuale per calcolare la performance specifica del componente edilizio, oppure di una tecnica precisa, per investigare su una parte dell'intorno ambientale dell'edificio. Questi strumenti sono normalmente utilizzati per ottenere un pre-dimensionamento dei componenti dell'involucro. Per esempio: il comportamento termico di un componente opaco o di un componente trasparente viene spesso associato ad un parametro chiamato conduttanza termica espressa in  $W/m^2K$ . Oggi si tende ad introdurre nel progetto edilizio sistemi e componenti innovativi le cui performance energetiche non sono adeguatamente studiate; nello specifico ci riferiamo all'uso di pareti ventilate, oppure all'utilizzo di nuovi materiali isolanti che sono stati realizzati con l'uso di nanotecnologie. In questi casi, calcolare il comportamento energetico del componente o del sistema in regime stazionario non è sufficiente, proprio per



le peculiarità, per esempio, delle pareti ventilate che hanno un comportamento diverso a seconda dell'altezza della parete, dello spessore della camera d'aria, della finitura superficiale e dell'irraggiamento sulla superficie esterna. Si tende quindi a simulare e prevedere il comportamento di questi nuovi sistemi utilizzando strumenti in grado di prevedere la ventilazione all'interno della parete ventilata, correlando il movimento dell'aria alla differenza di pressione e temperatura che si ha alle varie altezze della parete. In questo caso risultano particolarmente interessanti gli strumenti che consentono di valutare i fenomeni di trasferimento di massa (ventilazione ed infiltrazione). Questi ultimi permettono anche di valutare il movimento dell'aria tra edifici e ambiente circostante e tra le varie zone dell'edificio, tutti effetti che giocano un ruolo importante nella determinazione dell'equilibrio termico dell'edificio, in quanto regolano simultaneamente i livelli di comfort termico e la qualità dell'aria interna.

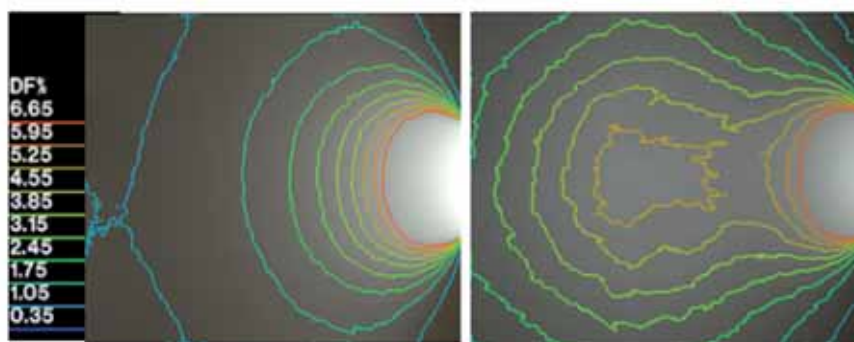


Fig. 4.3 Analisi del fattore di luce diurna tra stanze con superficie vetrata diversamente distribuita. L'analisi è stata condotta in Radiance. (Autori: G. Alcamo, D. Matteoli).

Gli strumenti di controllo globale mirano ad integrare tutte le procedure di calcolo utili alla valutazione complessiva del comportamento energetico e spesso anche delle caratteristiche della qualità dell'aria dell'edificio. Questi strumenti si basano generalmente su codici dettagliati di simulazione, anche se alcuni di essi si basano su metodi semplificati.

Questi strumenti integrano procedure di calcolo che descrivono quasi tutti i più importanti fenomeni di trasferimento del calore e forniscono all'utente una serie di informazioni sul comportamento termodinamico sia dei singoli componenti sia dell'intero edificio.

Quelli semplificati, basati su algoritmi empirici o statistici validi sotto precise condizioni di limite, permettono il calcolo del consumo energetico globale dell'edificio, ma senza la possibilità di simularne le caratteristiche dinamiche; naturalmente devono essere usati tenendo in considerazione i limiti della loro precisione ed approssimazione.

I cosiddetti modelli CFD (Computational Fluid Dynamic) si basano sulla risoluzione delle equazioni di Navier-Stokes combinate con i modelli di turbolenza.

Questi strumenti consentono di determinare la velocità dell'aria in una zona e prevederne il percorso cioè i flussi d'aria attraverso i vari componenti e la concentrazione di inquinanti interni nelle varie zone. Sebbene questi strumenti siano molto potenti, hanno un limite non indifferente, cioè la loro complessità è tale che spesso solo esperti sanno utilizzarli in maniera adeguata. Talvolta inoltre, il loro costo rimane elevato. Questi strumenti sono più efficienti quando il flusso d'aria è causato da differenze di temperature e di pressione piuttosto che dal vento. Di seguito, in ordine alfabetico, la breve descrizione di alcuni strumenti di controllo specifico e di controllo globale.

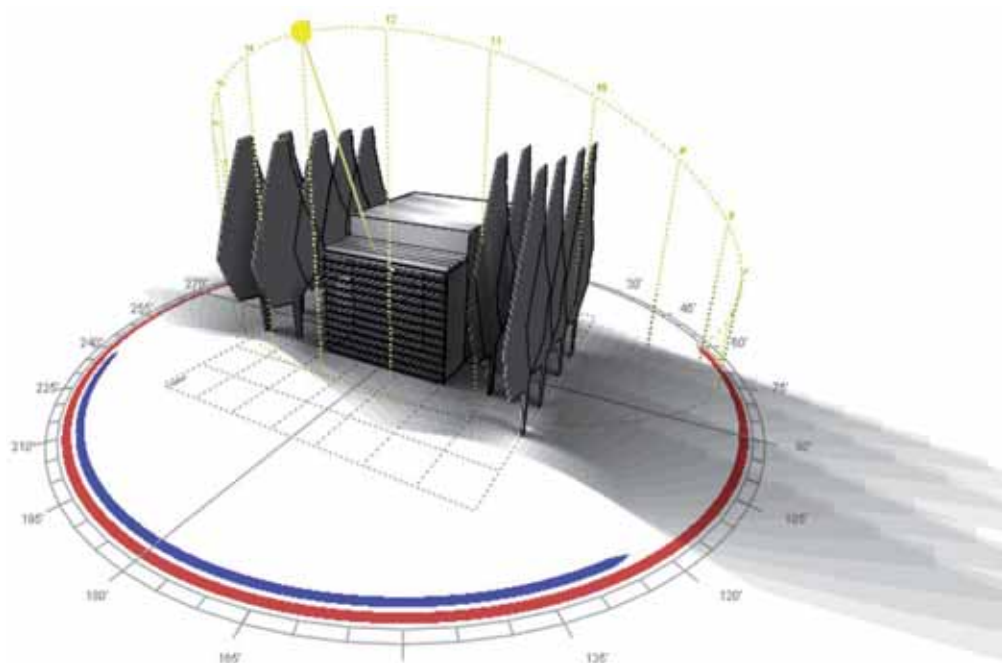


Fig. 4.4 Studio dei percorsi solari e delle schermature con il software di simulazione globale ECOTEC. (Autore: B. Castelli).

### DESIGN BUILDER

È stato sviluppato per semplificare il processo di simulazione energetica di un edificio, confrontare soluzioni progettuali diverse e mettere a confronto i risultati con i relativi costi benefici. Il software non è gratuito.

Disponibile presso Palace Chambers, 41 London Rd, Stroud, Gloucestershire, GL5 2AJ, UK.

Lo strumento è reperibile al seguente indirizzo <http://www.designbuilder.co.uk/>

### DOE-2

È uno strumento creato per facilitare il lavoro di calcolo degli impiantisti, consentendo di prendere in considerazione diverse strategie energetiche così come

le tecniche solari passive. Il programma consente la valutazione del comportamento termico per qualsiasi tipo di impianto HVAC. Gli outputs del programma consentono di definire le performance dell'impianto installato, la performance termica dell'edificio e, infine, definire una precisa analisi costi-benefici. Sviluppato da Laurence Berkeley Laboratory, California, USA.

Disponibile presso Laurence Berkeley Laboratori, Window and Daylighting Group, Berkeley, CA 94720.

### ECOTECT

Si tratta di uno strumento di simulazione globale, che consente cioè lo studio energetico di un edificio dal punto di vista termico, del soleggiamento, delle schermature, della luce naturale e artificiale, lo studio della performance acustica. Restituisce output sia in modalità grafica che tabellare e risulta *friendly* nell'approccio. Si utilizza diffusamente per capire il comportamento energetico di un edificio per grandi linee.

Dal 2008 distribuito da Autodesk <http://usa.autodesk.com/>

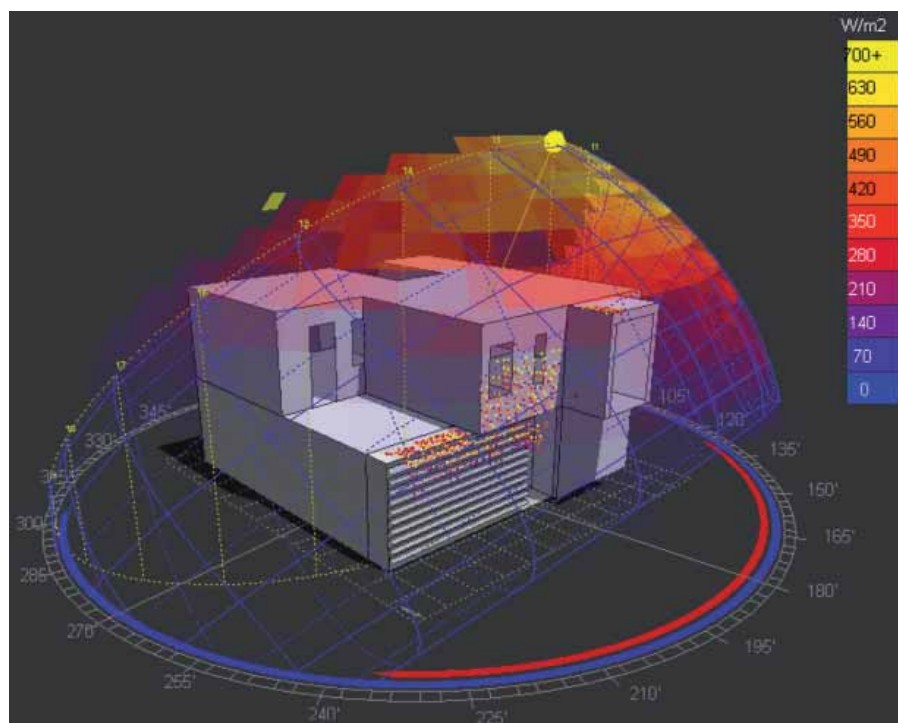


Fig. 4.5 Studio dei percorsi solari con ECOTECT. (Autore: M. Sarissa).

### ENERGY PLUS

Consente di studiare il comportamento energetico di un edificio sia dal punto di vista termico che dal punto di vista del raffrescamento, della luce artificiale, della

ventilazione, consentendo di quantificare i relativi consumi anche inerenti all'acqua calda sanitaria o all'uso integrato dei sistemi fotovoltaici. Permette di ottenere in output le simulazioni orarie oppure si può investigare su risultati per esempio ogni 15 minuti, cioè in un arco di tempo più ristretto. Il software non è gratuito.

Disponibile presso U.S Department of Energy all'indirizzo <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

### ESP-r

Si tratta di un programma gratuito, Open Source, capace di modellare e quindi prevedere il comportamento energetico di componenti e di sistemi; consente lo studio termo-fluido dinamico e consente lo studio combinato del sistema edificio-impianto con il sistema climatico esterno variabile. E' in grado di prevedere il comportamento termo-fluido dinamico di facciate ventilate. Si interfaccia con altri strumenti di simulazione quali per esempio Radiance.

La versione originale nasceva su piattaforma Linux, oggi è disponibile anche una versione per Windows.

Sviluppato da Energy Simulation Research Unit, University of Strathclyde, Department of Mechanical Engineering.

Disponibile presso Prof. J.A. Clarke, Energy Research Unit, University of Strathclyde, Department of Mechanical Engineering, James Weir Building, 75 Montrose Street, Glasgow G1 1XJ, Scotland, UK.

Lo strumento è reperibile al seguente indirizzo: <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>

### LAMAS

È uno strumento dedicato alla valutazione del controllo solare dovuto all'uso di tende combinate alle finestre. Il programma è sofisticato e molto appropriato per i progettisti interessati all'ottimizzazione dei sistemi di protezione solare.

Sviluppato nella sede del programma di ricerca Pascool finanziato dalla Commissione Europea, Direzione generale di Scienze, Ricerca e Sviluppo.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784 Athens, Greece.

### PASSPORT

È uno strumento di valutazione basato su un sistema di correlazioni che consente di valutare la richiesta di riscaldamento per gli edifici residenziali; questo strumento fa riferimento in particolare ad uno Standard Europeo. Un gruppo di lavoro dell'European Standardization Committee (CEN TC 89 WG4) ha, infatti, lavorato in stretta collaborazione per lo sviluppo delle basi teoriche di questo

strumento di progettazione. L'utente di Passport può scegliere se seguire strettamente gli Standards indicati, o definire ulteriori caratteristiche specifiche, che non siano state prese in considerazione dal CEN per ragioni di semplificazione, con l'intento di migliorare l'accuratezza dei risultati.

Il metodo si basa sullo stato di equilibrio energetico, indicato per determinate zone, che tiene conto delle variazioni di temperatura esterna e dell'effetto dinamico dei guadagni gratuiti interni e solari. Si compone di due moduli:

- **PASSPORT-PLUS**

Sviluppato da University of Seville, Group of Thermotechnia and Group Building Environmental Studies of Athens. Sviluppato nella cornice di PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Department of Physics, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, Athens, GR 15784, Greece.

- **PASSPORT-AIR**

Sviluppato da Group Building Environmental Physics, University of Athens, Greece, in collaborazione con un team partecipante al PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

## **PHOENICS**

È uno strumento che consente di simulare il processo relativo ai percorsi dei fluidi, al trasferimento di massa e di calore, alle reazioni chimiche e alla combustione di equipaggiamenti ingegneristici. Anche se creato ad uso del mondo aeronautico e meccanico, ha applicazioni anche nel campo dell'ingegneria civile. Sviluppato da CHAM Concentration Heat and Monumentum Limited

Disponibile presso CHAM Concetration Heat & Monumentum Limited Bakery House High Street, Wimbledon Village, London SW19 5AU, UK.

Lo strumento è disponibile sul sito <http://www.cham.co.uk/default.php>

## **RADIANCE**

È un software che lavora in ray-tracing per lo studio dell'illuminazione naturale ed artificiale di interni.

Sviluppato da U.S. Department Of Energy con il contributo di Swiss Federal Government. Il Copyright è di proprietà di Regents of the University of California.

Benchè sia nato in ambiente Unix, è oggi disponibile nella versione Desktop Radiance per windows. Tra i software gratuiti sullo studio dell'illuminazione naturale, è tra i più sofisticati e precisi ed è diffusamente utilizzato negli ambiti di ricerca scientifica.

È scaricabile gratuitamente dal sito <http://radsite.lbl.gov/radiance/index.html>

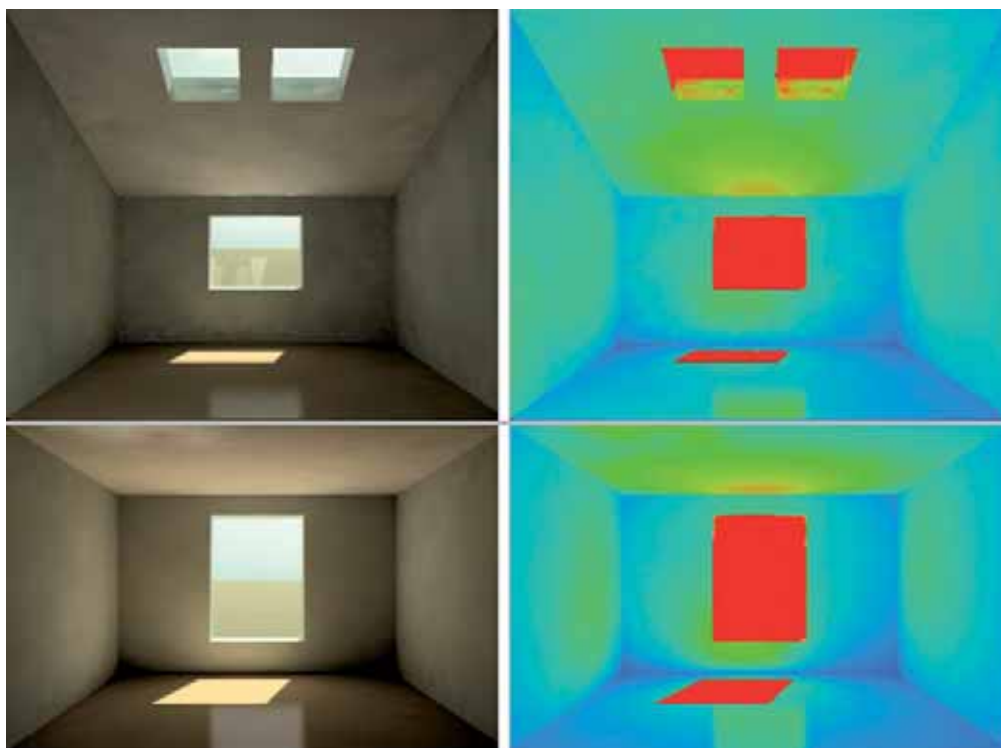


Fig. 4.6 Confronto della distribuzione di luce naturale tra un piano terra e un sottotetto.  
Le due stanze hanno eguale superficie finestrata ma diversamente distribuita.  
Simulazioni in RADIANCE. (Autori: G. Alcamo, D. Matteoli).

### RELUX

Si tratta di uno strumento per simulare la luce naturale e artificiale. Di facile utilizzo, consente di importare le curve fotometriche degli apparecchi di illuminazione, lavorare sul progetto di interni o di esterni.

Distribuito da <http://www.relux.biz/>

### SHADOWPACK

È uno strumento in grado di valutare l'impatto di vari tipi di ostacoli e sistemi di protezione. Il programma ha un'interfaccia grafica molto "amichevole", una biblioteca di ostruzioni a disposizione dell'utente ed è molto utile per capire gli effetti dei diversi sistemi schermanti.



Sviluppato da Unità di ricerca congiunta EC, ISPRA.

Disponibile presso R. Peckham, EC joint Research Unit, ISPRA, Varese Italy,  
<http://www.jrc.org>

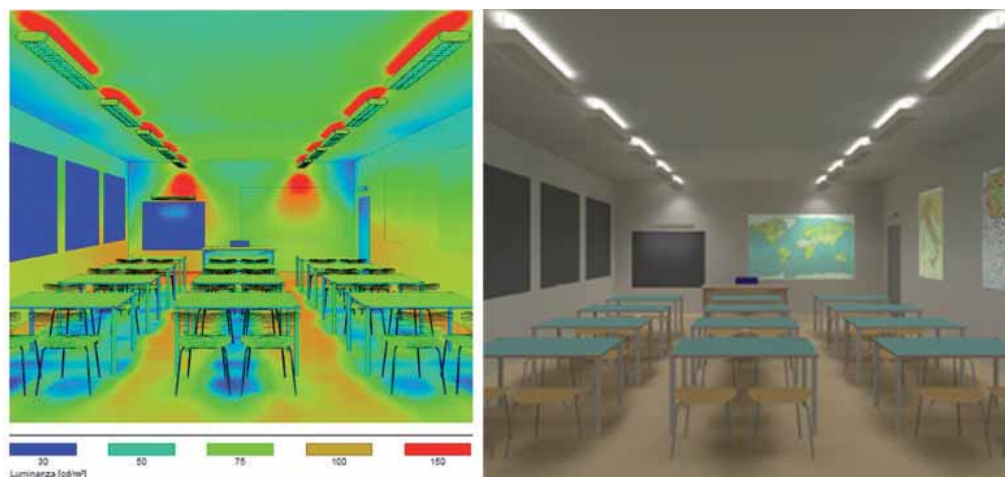


Fig. 4.7a – 4.7b Simulazione della luminanza e rendering con il software RELUX. (Autore: M. Saracino).

## SINK

È uno strumento sviluppato nel quadro del programma di ricerca europea Pascool per calcolare le principali caratteristiche termiche dei pozzi di calore ambientali, soprattutto suolo, acqua e cielo. Questo programma risulta quindi utile ai progettisti o agli esperti interessati alla valutazione del potenziale raffrescamento di questi diversi tipi di accumulatori.

Sviluppato da University of Seville, Group of Thermotechnia. Sviluppato nella cornice di PASCOOL Research Program financed by the European Commission, Directorate General for Science, Research and Development.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Buil. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

## SUMMER

Il modulo “protezione solare” SLP, integrato nel software SUMMER, include algoritmi dettagliati per calcolare l'ombreggiamento degli elementi trasparenti dovuto agli ostacoli esterni o alla combinazione di vari altri elementi di protezione. Il programma calcola il modello dinamico dei coefficienti di ombreggiamento globale, la radiazione solare diffusa e riflessa; inoltre include un interessante modulo di analisi di sensitività che consente di variare i parametri in gioco e di valutarne direttamente l'impatto sul comportamento energetico.

Il programma è adatto a progettisti che vogliano definire gli effetti della radiazione diffusa e riflessa. Sviluppato nel quadro del programma SAVE della Commissione Europea, prevede algoritmi per verificare gli scambi con il terreno, i componenti di raffrescamento evaporativo e radiativo, come pure le tecniche di ventilazione notturna. Questo strumento fornisce informazioni sul comportamento dei vari componenti dell'edificio, accoppiati o meno con esso. Moduli di sensibilità analitica sono inclusi per aiutare ad ottimizzare la procedura di dimensionamento. Lo strumento può quindi risultare veramente utile per progettisti interessati al disegno efficiente e ad una buona integrazione dei componenti di raffrescamento naturale negli edifici.

Sviluppato da Group Building Environmental Physics, University of Athens, Greece, sotto contratto con the European Commission, Directorate General for Energy, SAVE Program.

Disponibile presso GR-BES, University of Athens, Physics Department, Division of Applied Physics, Laboratory of Meteorology, Panepistimioupolis, Build. PHYS-V, GR 15784, Athens, Greece.

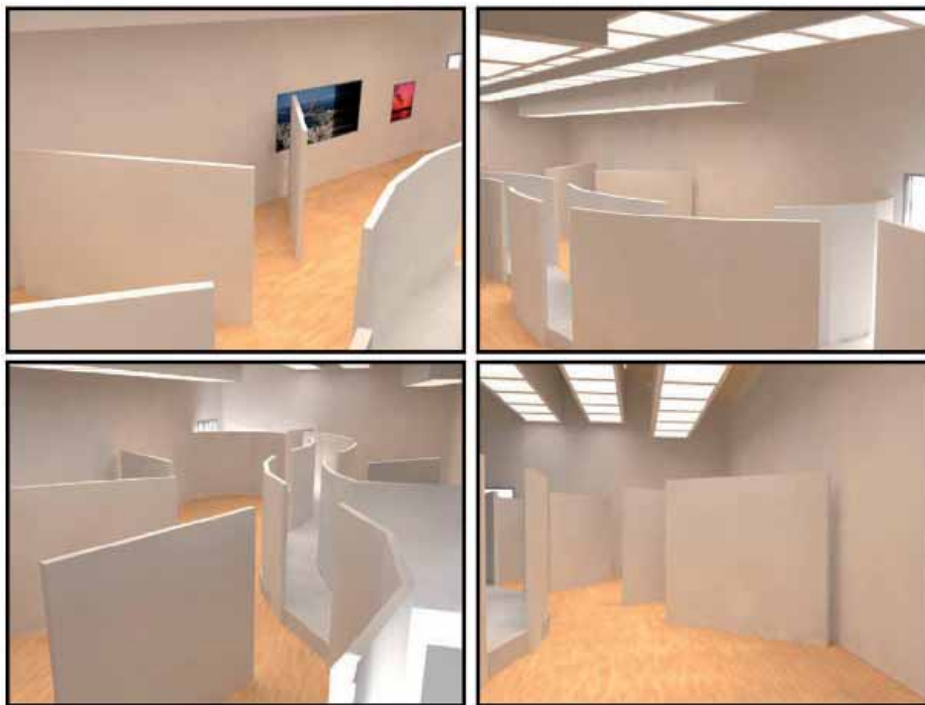


Fig. 4.8 Studio della distribuzione della luce naturale con il programma RELUX. (Autori: V. Giorgi, A. Rocco).

### TRNSYS

È uno strumento di simulazione in regime dinamico che consente lo studio integrato di edificio-impianto. Consente lo studio e il dimensionamento di impianti

HVAC, lo studio delle performance termiche, il controllo solare. Permette, oltre che lo studio di un edificio in termini globali, anche lo studio di previsione di componenti quali per esempio le facciate ventilate.

Sviluppato da Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA.

Disponibile presso Solar Energy Laboratory, 1303 Engineering Research Building, University of Wisconsin-Madison, 500 Johnson Drive, Madison, WI 53706, USA.

Lo strumento è disponibile, non gratuitamente, sul sito <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>



## ■ 5 Recupero, nuove costruzioni e risparmio energetico. Raccolta di casi studio

### Introduzione

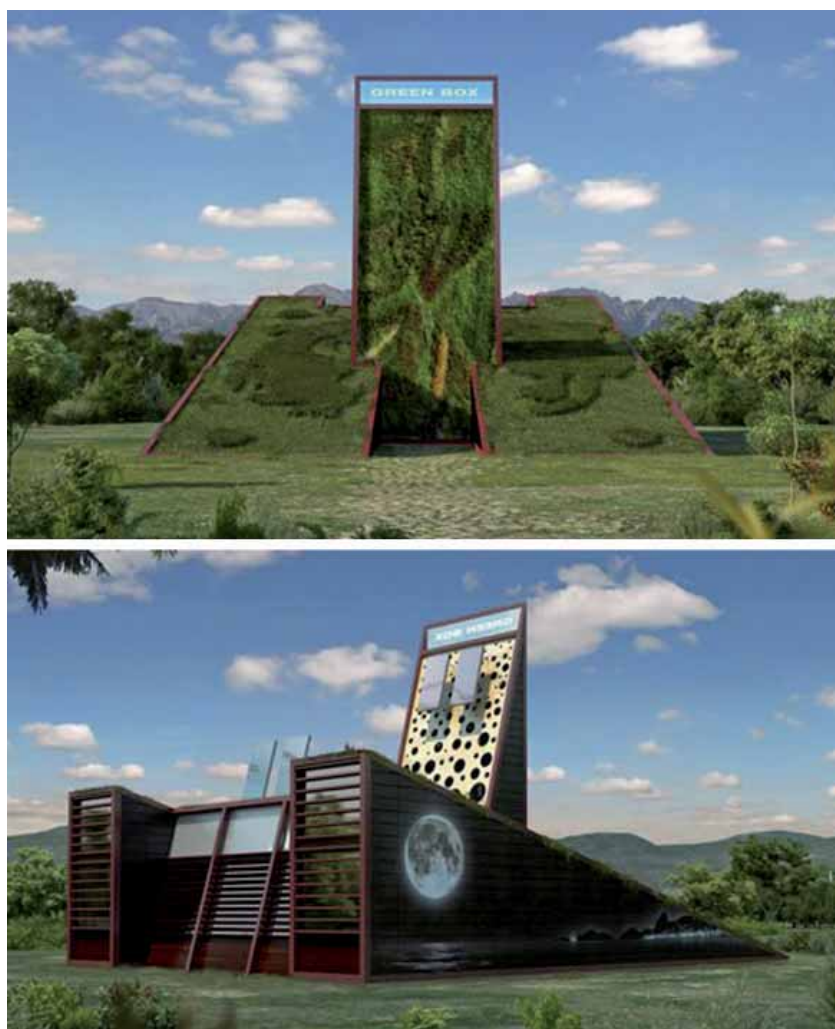
Gli edifici residenziali, costruiti per soddisfare il crescente bisogno di abitazioni nel dopoguerra, spesso molto costosi da riscaldare in inverno e da condizionare in estate, sono stati in generale realizzati senza tenere conto dell'ubicazione, esposizione al sole, presenza di venti dominanti, uso di materiali appropriati.

Le costruzioni edilizie influiscono sull'ambiente, con l'utilizzo di impianti che producono emissioni molto rilevanti di biossido di carbonio nell'atmosfera. Inoltre nelle città, specie nelle aree più densamente costruite e prive di verde, la concentrazione di impianti di controllo microclimatico, unitamente al traffico cittadino, provoca innalzamenti dell'umidità e della temperatura e queste variazioni climatiche, a loro volta, accelerano i processi chimici che portano ad alte concentrazioni di sostanze nocive. Queste aree sono chiamate "isole di calore". La riqualificazione del patrimonio edilizio esistente prevede metodi di intervento che mirano a due tipi di risultato: da un lato, un controllo sull'edificio, che riduce l'apporto dell'impiantistica tradizionale ed i problemi ambientali ad esso connessi; dall'altro, un controllo sul "sito" che, se opportunamente riqualificato, può contribuire alla **regolazione microclimatica** e comportare un risanamento delle aree esterne degradate dei quartieri periferici di edilizia recente.

Il concetto innovativo di riqualificazione "sostenibile", ed alcuni dei metodi atti ad applicarlo all'edilizia residenziale, riportano a metodi per un recupero edilizio più attento all'ambiente e alle sue risorse. Gli impatti ambientali delle costruzioni interessano un ampio raggio di aspetti che includono i cambiamenti climatici, l'uso delle risorse naturali, la riduzione dell'ozono e la produzione di rifiuti.



Isola di Calore.



Green Box. La Casa-Giardino sostenibile del futuro - prototipo di casa sostenibile.

Le modalità con le quali una struttura edilizia viene progettata, costruita, usata, mantenuta e riparata, infine dismessa o demolita (e riciclata), costituiscono il ciclo completo delle attività di costruzione sostenibili.

Un esempio è presentato dall'ultimo prototipo di casa sostenibile, GREEN BOX, dell'architetto Luis de Garrido, realizzato in occasione della Fiera Internazionale dell'Edilizia Construmat 2009 a Barcellona.

#### Innovazioni di Green Box:

- ciclo di vita infinito;
- trasportabilità per elementi indipendenti;
- eliminazione assoluta dei residui;
- flessibilità estrema;
- industrializzazione totale;



- elevata integrazione di principi bioclimatici;
- autosufficienza energetica;
- giardino verticale doppio (su entrambe le facce di un muro);
- giardino verticale smontabile e trasportabile per moduli;
- disegno del giardino autoctono del tetto giardino;
- disegno del tetto giardino inclinato come continuità del suolo circostante (100% edificazione – utilizzo dei nuovi prodotti ecologici 100% zona verde);
- rivestimenti interni riutilizzabili;
- utilizzo dei nuovi prodotti ecologici;
- struttura trasportabile, a base di pannelli di cemento e profili metallici;
- fondamenta trasportabili;
- prezzo basso.

## 5.1 Progettazione partecipata

La peculiarità della nostra tradizione architettonica mira a sviluppare rapporti con la cultura mediterranea e quindi con climi più vicini ai nostri. Dalla scala territoriale alla scala urbana, sino al quartiere e all'edificio, le strategie di sostenibilità presuppongono l'informazione e il coinvolgimento di tutti gli attori che partecipano alle trasformazioni fisiche del proprio ambiente.

La partecipazione, per la progettazione eco-sostenibile, implica un approccio integrato e multiscale, dal tessuto insediativo all'edificio, a seconda di come i gruppi sociali esprimono la loro identità a livello locale.

Nel quadro normativo italiano si sta introducendo sempre di più il ricorso all'attivazione di processi decisionali inclusivi; anche la diffusione dei forum di Agenda 21 Locale consente ad associazioni, attori economici e istituzioni di discutere, in un approccio partecipativo, di piani e programmi che implicano scelte in tema di energia, clima, rifiuti. Il livello di consapevolezza dei problemi ambientali (inquinamento, progressivo esaurirsi delle risorse) persegue il raggiungimento di soluzioni tecnologiche, attraverso la progettazione eco-sostenibile; sono fondamentali gli strumenti per la comunicazione efficace della progettazione eco-sostenibile, per il coinvolgimento del pubblico, necessario per la partecipazione.

La *necessità* di qualità architettonica coincide con la necessità di una qualità "eco sistemica" del progetto, sia nel processo di nuova edificazione che nell'ambito della manutenzione/trasformazione del patrimonio edilizio esistente; la professionalità dell'architetto deve evolversi ed acquisire le conoscenze necessarie a controllare e a gestire tutti i fattori che concorrono al conseguimento di due obiettivi primari:

- la diminuzione dell'impatto energetico/ambientale del manufatto;
- l'incremento di comfort/benessere per gli utenti del manufatto stesso.

L'organismo architettonico va quindi definito tecnicamente ed esteticamente attraverso un approccio integrato in cui i fattori climatici/ambientali diventino essi stessi i "dati" di progetto.



Edificio sostenibile prefabbricato in legno.



Edifici con pareti e pavimenti in bambù.



Costruzione a secco in pietra.

In questo quadro va data centralità al tema della ricerca su materiali e tecnologie a basso impatto ambientale per un progetto architettonico sostenibile.

Nell'attuale emergenza data dall'entrata in vigore della L 192/05, e successive modificazioni<sup>1</sup>, sul risparmio energetico, l'unica strada percorribile da subito è quella della progettazione degli edifici con un razionale uso dei materiali coibentanti; strategia che aumenta la problematicità della qualità dell'aria interna,

<sup>1</sup> DLgs. 311 del 29/12/06 e successive linee guida sulla certificazione energetica del Luglio 2009.

se non correttamente valutata in termini di progettazione della ventilazione e del ricambio.

## 5.2 Materiali e tecnologie

La certificazione dei materiali, la ricerca sui materiali e sulle tecnologie e tutto il mondo produttivo – industriale e artigianale – che ruota intorno alla produzione-invenzione di materiali e tecnologie per l'edilizia sostenibile, trova una sua applicazione nello sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche che riconoscano il fondamentale rapporto tra l'ambiente costruito e l'ambiente naturale. Materiali nuovi e tecnologie impiantistiche innovative compatibili con l'ambiente possono avvalersi di tecniche e metodologie di recupero dei materiali usati, con l'obiettivo di massimizzare il riciclo di materia e di energia, sfruttando sempre di più il ciclo dei rifiuti per produrre edilizia. La progettazione dovrà mirare all'integrazione di sistemi energetici attivi e passivi nelle varie tipologie edilizie residenziali e non, che punti ad adottare tutte le possibili soluzioni che utilizzino energie rinnovabili per conseguire la migliore resa energetica dell'edificio, il maggior abbattimento dell'uso di energia fossile e l'azzeramento di tutti gli sprechi e dispersioni.

Nel **recupero edilizio** sarebbe opportuno optare per scelte che favoriscano l'estensione del ciclo di vita degli edifici esistenti in loco attraverso il mantenimento, quando possibile, di strutture e/o involucri esterni ed il loro riuso, per la realizzazione delle nuove architetture, consentendo così sia la conservazione della matrice storica dei luoghi, sia la riduzione della produzione dei rifiuti e dell'impatto della nuova edificazione dovuto alla produzione dei materiali ed al loro trasporto.

Va favorita l'adozione di tecniche di **integrazione reversibile** sugli edifici di pregio storico, per poter operare senza interferire con la natura dei luoghi, garantendo la completa e totale reversibilità dei progetti alla fine del loro ciclo di vita.

Inoltre la selezione deve essere fatta privilegiando materiali naturali ed elementi costruttivi che assolvano ai requisiti di disponibilità e reperibilità delle risorse, rapidità e facilità di costruzione-montaggio, reversibilità (dismissione).

La scelta di materiali tradizionali quali argilla, calce, pietra, fibre vegetali, appare di fondamentale importanza, in quanto influisce sull'ambiente e sulla salute degli abitanti; il consumo di energia primaria nella produzione, infatti, è decisamente significativo nella valutazione ecologica dei materiali edili. I materiali comunemente usati oggi richiedono grandi consumi d'energia, esauriscono le risorse naturali e nella loro composizione si registra la presenza di innumerevoli sostanze nocive. I materiali naturali invece sono facilmente riciclabili, producono poco o nessun inquinamento e, una volta terminata la loro funzione edile, vengono riassorbiti nei cicli naturali dell'ambiente. L'utilizzo di materiali naturali e di soluzioni tecniche coerenti, oltre a contribuire ad una maggiore qualità edilizia, garantiscono basse spese di gestione e manutenzione, nonché benefici in termini di salute.

### 5.3 Nuove componenti tecnologiche

L'architettura convenzionale non sempre è attenta al clima, sono spesso utilizzati materiali tossici o non appropriati, il "comfort termico" viene concepito e progettato in un secondo momento relegandolo alla progettazione impiantistica. L'architettura sostenibile si fonda su un complesso sistema di elementi strutturali, una nuova "cultura del progetto" e del disegno urbanistico delle nostre città e del loro territorio, un grosso cambiamento in termini funzionali, distributivi, impiantistici, infrastrutturali e formali.

La sfida tecnologica e progettuale coniuga queste importanti componenti con i sistemi complessi della struttura edilizia in un decalogo corretto, appropriato e consono al contesto ambientale e storico.



Agenda 21 Edifici a schiera a Kronsberg, Hannover.

#### ELEMENTI RILEVANTI DI INTERESSE ENERGETICO

- riduzione delle perdite di calore e miglioramento dell'efficienza energetica dell'involucro edilizio (coibentazione a cappotto delle pareti perimetrali e dei solai su spazi aperti, sostituzione degli infissi metallici esistenti con serramenti in PVC);
- sistemi di controllo solare (aggetti orizzontali e verticali, integrazioni di sistemi di verde protettivo, tende e sistemi di oscuramento, ombrello solare);
- prevenzione dell'umidità ascendente per capillarità (realizzazione di aperture per la ventilazione del sottofondo, apposizione mediante taglio meccanico di membrana in polietilene);



- controllo dell'illuminazione e ventilazione naturale (ristrutturazione degli alloggi piano terra secondo l'asse nord sud, realizzazione di aperture su più fronti, realizzazione di logge su struttura metallica);
- integrazione di nuove componenti tecnologiche solari e di sistemi ad accumulo termico (serre, collettori solari per la produzione di acqua calda sanitaria, pannelli fotovoltaici per illuminazione delle aree esterne).



Coperture verdi e solare termico, Agenda 21 Edifici a Kronsberg, Hannover.



Albergo Agenda 21 Edifici a Kronsberg, Hannover.

## ELEMENTI RILEVANTI DI INTERESSE AMBIENTALE

- miglioramento della qualità dell'aria interna mediante l'eliminazione dei fattori inquinanti (riduzione del rischio di condensa e formazione di muffe e microrganismi; realizzazione di un sistema per l'aerazione forzata nei bagni);
- scelta dei materiali e dei prodotti unitamente alla valutazione delle emissioni nocive in rapporto alle fasi del ciclo di vita degli stessi;
- messa a dimora di nuove alberature ed essenze autoctone;
- uso del verde come filtro e schermatura delle fonti inquinanti;
- mantenimento della permeabilità del terreno delle aree esterne con pavimentazioni idonee;
- gestione ottimizzata degli spazi verdi;
- sistemi e tecnologie per una *massimizzazione dell'uso di energie rinnovabili* prodotte, distribuite e consumate in loco. Integrazione di tecnologie fotovoltaiche, geotermia, tecnologie termiche per la produzione di acqua calda ecc.;
- sistemi e metodi costruttivi e infrastrutturali per la razionalizzazione della produzione e la distribuzione funzionale ed economica delle energie rinnovabili locali. Dal modello decentrato dell'energia a modelli complessi di centralizzazione a piccola e media scala (sistema centralizzato a livello di condominio o di isolato, teleriscaldamento di quartiere);



Albergo Agenda 21 Edifici a Kronsberg, Hannover.



- centralità edilizie ed urbanistiche in perfetta sincronia con il processo tecnologico di produzione distribuzione e consumo delle energie pulite;
- nuova cultura del progetto e della nuova qualità della vita.

Una cultura della nuova architettura tesa al miglioramento delle performance energetiche e dell'urbanistica, con particolare attenzione ad un *approccio olistico, sistemico e integrato*, in grado di coniugare nuove tecnologie, sistemi costruttivi e autonomia energetica e di assicurare e soddisfare, nei limiti delle risorse ambientali ed energetiche locali, la domanda del cittadino per il più efficiente "Comfort urbano" ed il maggiore benessere e qualità della vita.

## 5.4 Alcuni casi studio in Europa

La seguente analisi di casi studio è tratta dalla ricerca Europea "EULEB - EUropean high quality Low Energy Buildings"<sup>2</sup>, che ha lo scopo di fornire informazioni su edifici pubblici esistenti, non residenziali, ad alta qualità e basso consumo energetico in tutta Europa e dal progetto "REVIVAL" 'Retrofitting for Environmental Viability Improvement of Valued Architectural Landmarks. Il progetto EULEB è stato realizzato negli anni 2005-2006 ed è stato parzialmente finanziato dal programma "Intelligent Energy Europe" - programma della Commissione Europea.

### EULEB

- 1) Museo Bardini - Firenze, Italia.
- 2) Scuola materna a Ponzano - Empoli, Italia.
- 3) FH Rhein - Sieg - St. Augustin, Germany.
- 4) Museo di Arte Moderna - Kristinehamn, Svezia.
- 5) Tanga School - Falkenberg, Svezia.
- 6) Malta Stock Exchange - La Valletta, Malta.
- 7) Liceo - St Clément de Rivière, Francia.

### REVIVAL

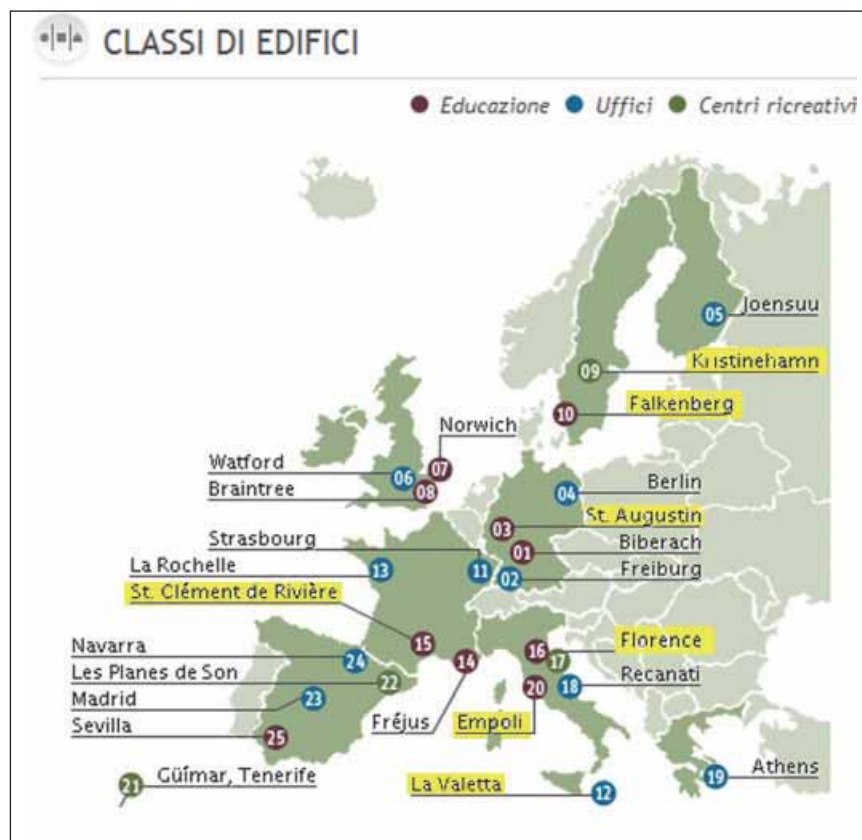
- 8) Ospedale Meyer - Firenze.
- 9) Lycée Chevroliier - Angers.
- 10) Daneshill House, Stevenage.
- 11) GSIS Ministry of Finance - Athens, Greece.
- 12) The Albatros, Royal Dutch Navy - Paesi Bassi.

<sup>2</sup> Tutte le informazioni sono disponibili in cinque lingue sul sito web <http://www.euleb.info/>.

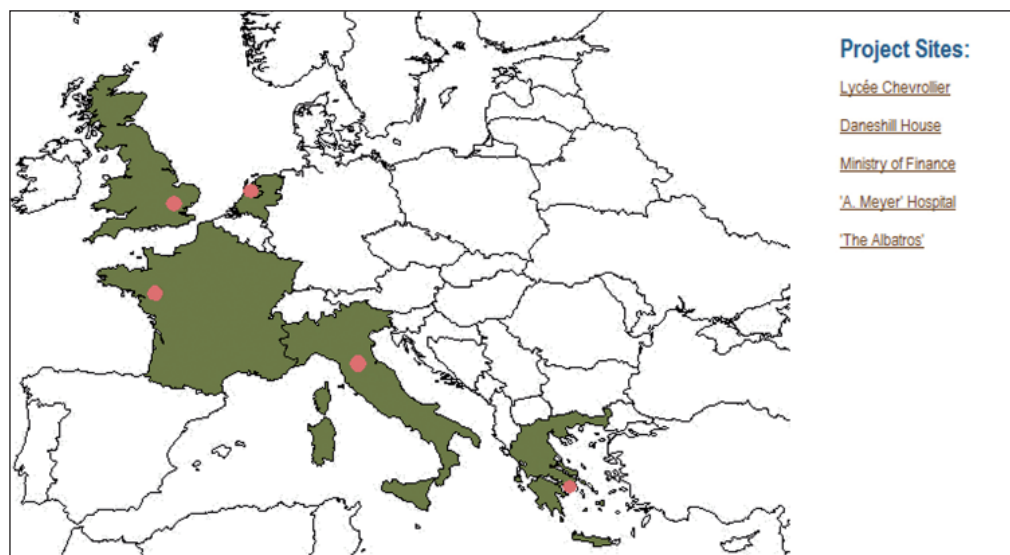
Il CD ed il sito EULEB contengono dati, immagini, video, diagrammi ecc. di 25 edifici europei in uso. Precede i progetti una descrizione generale degli edifici, le loro caratteristiche speciali sono descritte nel dettaglio. Il consumo energetico totale degli edifici viene presentato sulla base di valori monitorati.

Gli edifici si possono scegliere in base al sito, la tipologia edilizia, le caratteristiche speciali installate oppure all'impressione visiva dell'architettura.

Partner del progetto: University of Dortmund, Germany, Metropolitan University LEARN, Università degli Studi di Firenze ABITA, Universitat Politècnica de Catalunya AiE, Université de La Rochelle LEPTAP e REHVA - Federation of European Heating and Air-conditioning Associations.



Planimetria casi – La presente planimetria prevede la localizzazione di tutti i casi studio trattati nel progetto EULEB, nella presente trattazione saranno analizzati 7 casi studio, evidenziati in giallo.



Planimetria casi – La presente planimetria prevede la localizzazione di tutti i casi studio trattati nel progetto REVIVAL, nella presente trattazione saranno analizzati 5 casi studio.

## MUSEO BARDINI – FIRENZE

<b>Proprietario</b>	Comune di Firenze
<b>Paese</b>	Italia
<b>Città</b>	Firenze
<b>Indirizzo</b>	Piazza dei Mozzi 1
<b>Occupanti dell'edificio</b>	Museo Bardini
<b>Uso primario</b>	Museo
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	dal lunedì al sabato ore 9.30-19.00 eccetto i periodi estivi
<b>Progettisti</b>	arch. Lombardi
<b>Ingegneri</b>	ing. strutturista Giancarlo De Renzis ing. elettro-meccanico Roberto Innocenti ing. elettro-meccanico Raffaele Viscomi
<b>Consulenti per il risparmio energetico</b>	Centro Interuniversitario ABITA prof. Marco Sala, prof. Paola Gallo
<b>Appaltatori</b>	Comune di Firenze Centro Interuniversitario ABITA
<b>Sorgenti di energia</b>	strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali
<b>Anno di completamento</b>	2003



Il Palazzo Bardini.



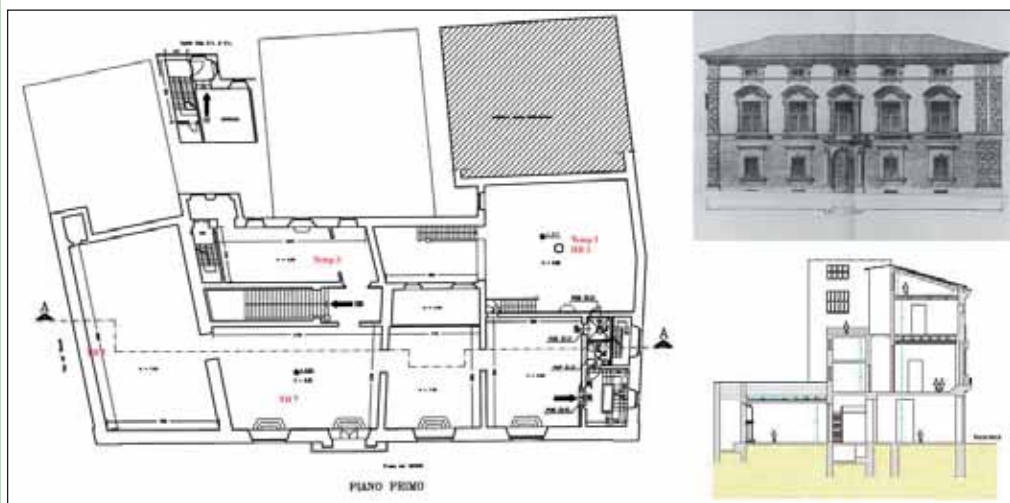
Sala mostre dopo l'intervento.

Il museo costituisce il lascito testamentario dell'antiquario Stefano Bardini (1836-1922) al Comune di Firenze. Bardini costruì il palazzo che ospita il museo nel 1880, acquistando un complesso di edifici di varie epoche.

Il museo è stato ristrutturato anche con i fondi del progetto Europeo MUSEUM, la ristrutturazione è stata di tipo impiantistico e strutturale, in particolare è stata realizzata una nuova area espositiva coperta da una serra bioclimatica e sono stati installati dispositivi speciali per l'illuminazione naturale e artificiale e la climatizzazione interna.

### Tecnologia costruttiva

Il Museo Bardini permette una riduzione dei consumi energetici del 30% rispetto ad una costruzione museale tradizionale, con una riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> del 30%, una diminuzione dei consumi per il riscaldamento del 25% e per l'illuminazione del 30%.



Pianta, prospetto e sezione tipo.

L'investimento risulta essere estremamente conveniente con un periodo di ritorno di 15 anni.

Per poter raggiungere gli obiettivi prefissati il progetto è stato studiato su tre diverse linee di intervento:

1. Comfort termico: attraverso l'installazione di un impianto di climatizzazione HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning).
2. Risparmio energetico: attraverso l'adozione di strategie passive e a basso consumo energetico.
3. Comfort visivo: attraverso lo studio e la progettazione degli ambienti e l'installazione di nuove lampade.



Strategie di risparmio energetico.

### Controllo solare

Il controllo solare è stato ottimizzato sostituendo gli infissi esistenti con nuove finestre. In particolare quelle dell'ultimo piano sono state realizzate con infissi METRA NC 65 STH, in alluminio verniciato 6060, secondo la normativa UNI EN 573, UNI EN 755-5 e UNI EN 515.

Per il controllo della radiazione solare sono stati utilizzati doppi vetri con intercapedine d'aria (7-16-9) con un film di protezione in modo tale da avere un maggior controllo dell'illuminazione negli spazi espositivi e ottenere una buona riduzione del guadagno termico dovuto alla radiazione solare. Sono state utilizzate delle superfici vetrate antisolet con pellicola protettiva assorbente capace di ridurre la radiazione ultravioletta sino ai 75 microwatts/lumen. Inoltre specchi sono disposti di fronte alle finestre.





Controllo della radiazione solare per le finestre poste all'ultimo livello.

### Illuminazione

Gli elevati consumi elettrici del Museo Bardini, precedenti all'intervento di ristrutturazione energetica, erano dovuti all'eccessiva potenza installata, alla mancanza di controllo nella gestione delle apparecchiature e alla bassa efficienza delle lampade.



L'illuminazione naturale proveniente dal lucernario della sala centrale.

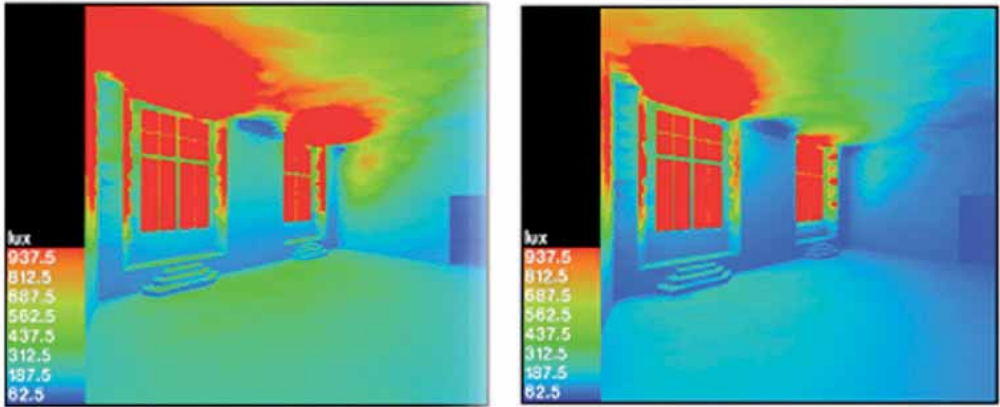
Il primo passo è stato quindi quello di ridurre la potenza installata sostituendo le lampade presenti con altre a basso consumo ed alta efficienza.

Questo cambiamento ha ridotto notevolmente i consumi energetici ed ha contemporaneamente migliorato enormemente le condizioni di comfort visivo nelle sale espositive con dispositivi riflettenti capaci di indirizzare una maggior quantità di luce verso gli spazi espositivi, riducendo anche l'effetto di abbagliamento ed assicurando un ottimo livello di illuminazione interna con l'utilizzo di una quantità estremamente inferiore di lampade.

Per ottimizzare le condizioni di illuminazione naturale, sono stati sostituiti i lucernari centrali vetrati con elementi



aggettanti trasparenti. La superficie vetrata è stata implementata con l'utilizzo di pannelli in polycarbonato dello spessore di 30 mm, caratterizzati da un coefficiente di trasmissione del 70% contro l'80% delle superfici di vetro preesistenti.



Il controllo della Luminanza.

### Primo piano

Al posto della copertura vetrata sono stati installati pannelli in polycarbonato di 30 mm di spessore, con una speciale capacità riflettente che permette di ottenere la riduzione del fenomeno di abbagliamento a favore di un miglior livello di illuminazione.

Per quanto riguarda il controsoffitto ligneo esistente, la superficie vetrata presente nei lucernai è stata sostituita con un componente ad elevato coefficiente di trasmissione (Barrisol) realizzato tramite materiale plastico estremamente flessibile posizionato in modo tale da ottenere una distribuzione uniforme dell'illuminamento nella stanza.



Il lucernario della sala centrale prima e dopo l'intervento.

## Piano terra

A seconda delle esigenze delle diverse aree espositive sono state installate delle nuove lampade in modo tale da assicurare (combinando luce naturale e luce artificiale) un giusto livello di illuminamento come indicato di seguito:

- 200 lux sui dipinti ad olio;
- 50 lux per gli acquarelli.

## Raffrescamento

Il sistema di climatizzazione utilizzato è costituito da una pompa di calore con ciclo di espansione reversibile diretto, con volume di raffrescamento variabile, diviso in 4 zone. Per l'alimentazione dell'impianto è utilizzato il gas R407C. Anche l'installazione di un sistema di riscaldamento e raffrescamento controllato, combinato con la ventilazione naturale, permette di raggiungere un livello di comfort termo-igrometrico ottimale.



Dispositivi per la climatizzazione.

## Ventilazione

È stato previsto un sistema di ventilazione della copertura che ricrea due tipologie di circolazione dell'aria nella copertura stessa:

- una prima micro-ventilazione al di sotto delle tegole, essenziale contro umidità stagnante;
- una seconda macro-ventilazione sotto il tetto che interessa la parte compresa tra le tegole e lo strato di isolamento.

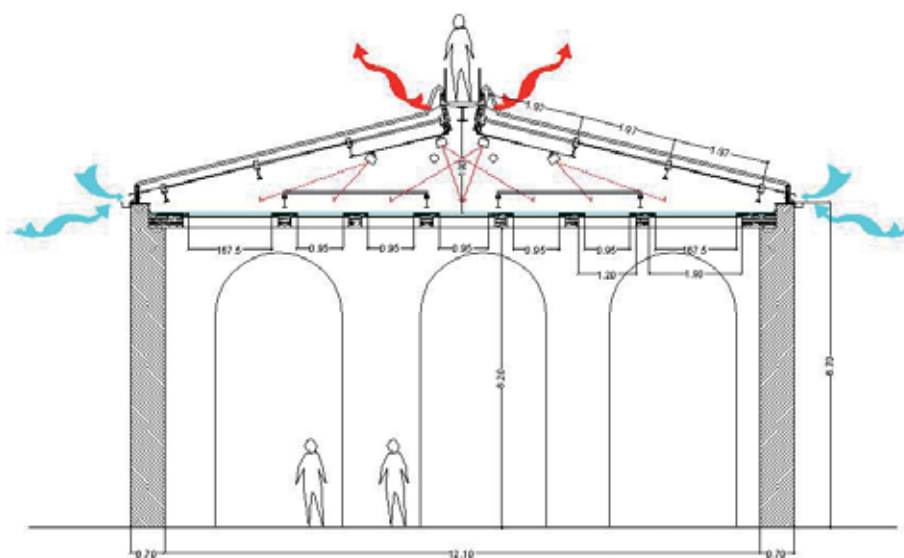


La copertura della sala centrale. Prima e dopo l'intervento di recupero.

Inoltre, durante la stagione estiva, il calore accumulatosi grazie alla presenza della massa termica e trasferito all'interno, viene disperso durante la notte attraverso l'apertura di griglie posizionate negli infissi delle aperture finestrate, in modo tale da ricreare una vera e propria ventilazione notturna.

Sulla base di questo principio sono state determinate le dimensioni corrette prevedendo uno scambio termico durante la notte dalle ore 22.00 alle ore 8.00 del mattino e considerando l'installazione di griglie facilmente apribili durante il periodo estivo, per favorire l'effetto camino. L'azione combinata di queste strategie permette di ridurre di 1-2 °C la temperatura massima interna durante il giorno, con un sostanziale risparmio energetico.

La “finestra intelligente” è, in questo senso, un'interfaccia tra l'interno e l'esterno che provvede a fornire il corretto livello di ventilazione ed illuminazione senza perdere la funzione della classica finestra.



SEZIONE TRASVERSALE DELL'ATRIO A PIANO TERRA

Ventilazione della copertura della sala centrale.

## Rendimento energetico

L'intervento ha provveduto ad incrementare il livello di isolamento in copertura che, in combinazione con l'impianto di climatizzazione e l'integrazione delle strategie di ventilazione naturale, permette di ottenere le ottimali condizioni termo-igrometriche.

Con il nuovo isolamento si ottiene un valore di trasmittanza termica pari a  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  contro il valore di  $1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$  della copertura precedente.

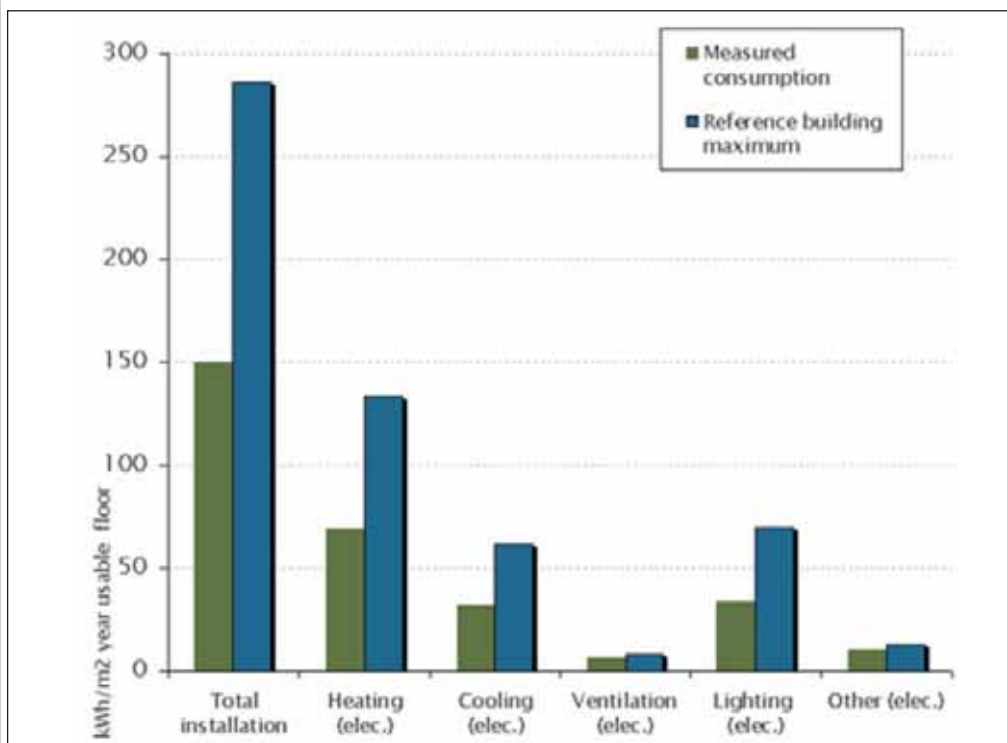
I pannelli isolanti (spessore 10 cm) sono realizzati in fibra di legno, installati senza l'uso di colle con additivi artificiali.

## Sistema di regolazione

Per ottenere un livello di comfort ottimale nel museo senza avere consumi energetici elevati è stato necessario prevedere l'installazione di un sistema di controllo automatizzato per la gestione dei consumi energetici.

Questo sistema "intelligente" è formato da tre elementi base (dispositivo di monitoraggio, dispositivo di controllo, dispositivo di attuazione) capaci di gestire un elevato numero di sensori secondo i parametri di comfort richiesti.

Nel Museo Bardini il funzionamento del sistema di controllo è rivolto al controllo-gestione del comfort termo-igrometrico e visivo (integrazione tra illuminazione naturale e artificiale) negli ambienti, in riferimento ai valori di temperatura, umidità, illuminamento e percentuale di occupanti.



Istogramma energia primaria annuale consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.

Il diagramma mostra la differenza tra i consumi termici ed elettrici calcolati in kWh/m<sup>2</sup> anno in relazione ad un edificio tradizionale.

In seguito all'intervento di riqualificazione del Museo Bardini si ottiene una diminuzione dei consumi energetici in percentuale pari a:

- riscaldamento: 48%;
- raffrescamento: 48%;
- ventilazione: 26%;
- illuminazione: 53%;
- altro: 20%;
- risparmio energetico totale: 48%.

## 2

## SCUOLA MATERNA A PONZANO – EMPOLI

<b>Proprietario</b>	Comune di Empoli
<b>Paese</b>	Italia
<b>Città</b>	Empoli
<b>Indirizzo</b>	via di Ponzano
<b>Occupanti dell'edificio</b>	scuola materna di Ponzano
<b>Uso primario</b>	scuola
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	8.00 – 17.00
<b>Progettisti</b>	Marco Sala Associati
<b>Ingegneri</b>	ing. Luigi Campa – Strutture CMZ – ingegneria tecnica
<b>Appaltatori</b>	Comune di Empoli
<b>Produttori di tecnologie di risparmio energetico</b>	Consage
<b>Sorgenti di energia</b>	pannelli radianti, caldaie a condensazione combi
<b>Anno di completamento</b>	2001

## Tecnologia costruttiva

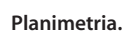
La dispersione termica dell'edificio è limitata dalla realizzazione delle murature portanti e di tamponamento con il “sistema isotermaoacustico”. La faccia esterna delle murature perimetrali è rivestita con un paramento di listelli in cotto per uniformare la nuova costruzione alla scuola elementare esistente.

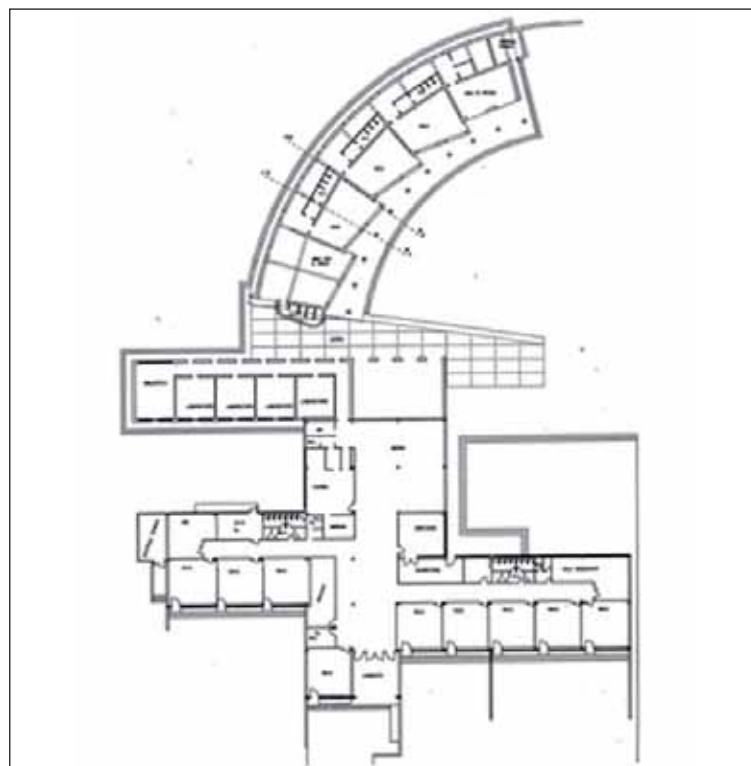
Le tipologie di finestra sono state usate a seconda della loro funzione e del loro orientamento. Una copertura ventilata garantisce inoltre un buon isolamento e la ventilazione dell'edificio.

È stato previsto un solaio termico isolato con riscaldamento a pannelli radianti.

ELEMENTO COSTRUTTIVO	TRASMITTANZA TERMICA (W/m <sup>2</sup> K)
Muro esterno in laterizio	0,28
Finestra	1,7
Copertura ventilata	0,28
Solaio: spazi tecnici e magazzino	0,50
Valore medio di trasmittanza termica	0,43







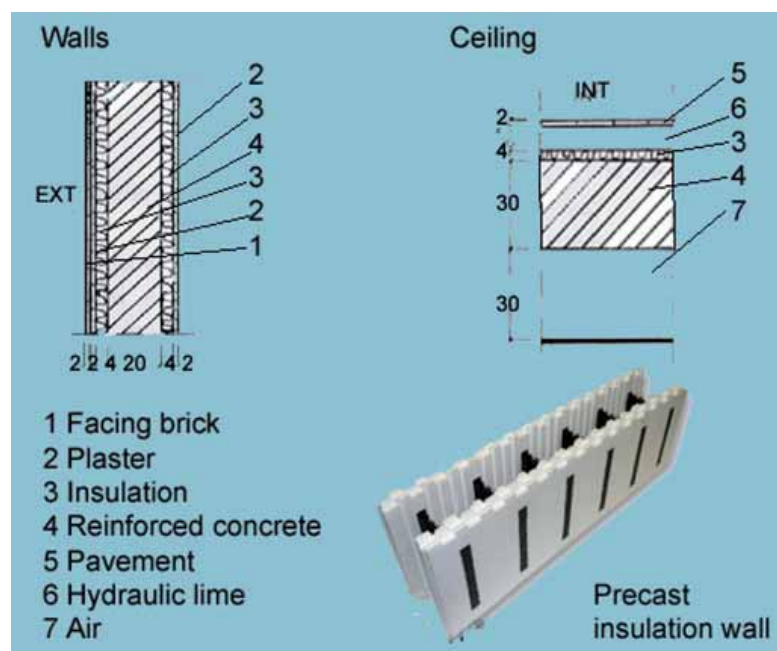
Planimetria generale.



Prospetti.



La serra.



Particolare costruttivo.

## Isolamento

Muri ben sigillati e protetti dall'umidità oltre che ben coibentati contribuiscono ad aumentare il comfort, a ridurre il rumore e a risparmiare sui costi energetici. I muri sono tuttavia gli elementi costruttivi più complessi della "pelle" dell'edificio da coibentare, da sigillare e da proteggere dall'umidità. Il muro coibentato prefabbricato è un sistema innovativo che realizza muri in cemento armato che uniscono resistenza meccanica all'isolamento. Il componente prefabbricato è una cassaforma formata da due pannelli in poliestere (EPS) che si affacciano e sono connessi da un separatore che crea una cavità fra le due superfici. Tale sistema di coibentazione è in grado di garantire un valore di trasmittanza termica pari a  $0,15 \text{ W/mqK}$ .

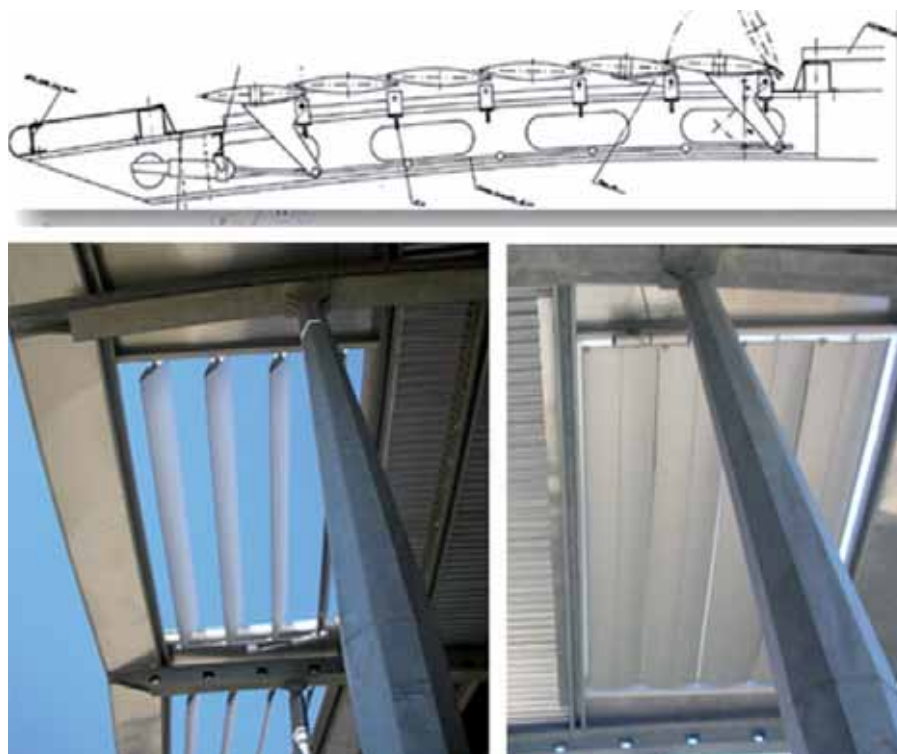
## Controllo solare

Dispositivi di controllo solare ed ombreggiatura ben progettati riducono drasticamente il guadagno termico di picco dell'edificio e la necessità di raffrescamento, oltre a migliorare la qualità della luce diurna all'interno dell'edificio stesso. La scuola riduce la quantità di consumo energetico annuale per il raffrescamento dal 5 al 15%. Il controllo solare e l'uso di dispositivi di ombreggiatura migliorano anche il comfort visivo degli utenti, controllando il bagliore e riducendo il rapporto di contrasto. I dispositivi di ombreggiatura danno inoltre la possibilità di differenziare le facciate di un edificio rendendo più interessante e a scala umana un progetto che potrebbe invece risultare banale. I frangisole orientabili sono in alluminio.



Sezioni e particolari.





Dispositivi di schermatura.

### Illuminazione

La “finestra intelligente” costituisce oggi un obiettivo importante nella ricerca tecnologica verso prodotti innovativi da parte di produttori di serramenti e componenti di facciate continue; in generale si osserva l’affermarsi del principio della regolazione climatica interna ottenuta sfruttando le fonti di energia rinnovabili disponibili all’esterno.

La finestra si compone essenzialmente di due elementi di base in profili estrusi di PVC: la parte superiore (trasparente) ospita i sistemi di controllo della radiazione solare e dell’isolamento, mentre la parte inferiore, opaca, contiene il sistema di ventilazione e lo scambiatore di calore.

I componenti accessori che integrano la parte superiore del blocco finestra, e che possono essere montati in modo indipendente, sono costituiti da:

- un pannello esterno (apribile) costituito da vetro temperato;
- un pannello interno (apribile) con vetrocamera 4/6/3+3 con la lastra interna basso-emissiva;
- una tenda oscurante motorizzata;
- una tenda motorizzata parzialmente riflettente (40%);
- il modulo di controllo in fuzzy logic ed i sensori ambientali di temperatura e di rilevazione persone;
- accessori vari.



Facciata sud con finestre intelligenti.



Classe.

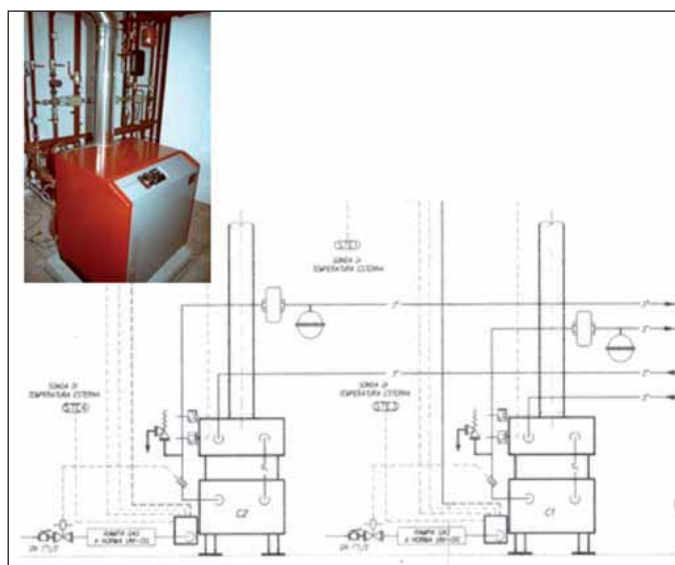




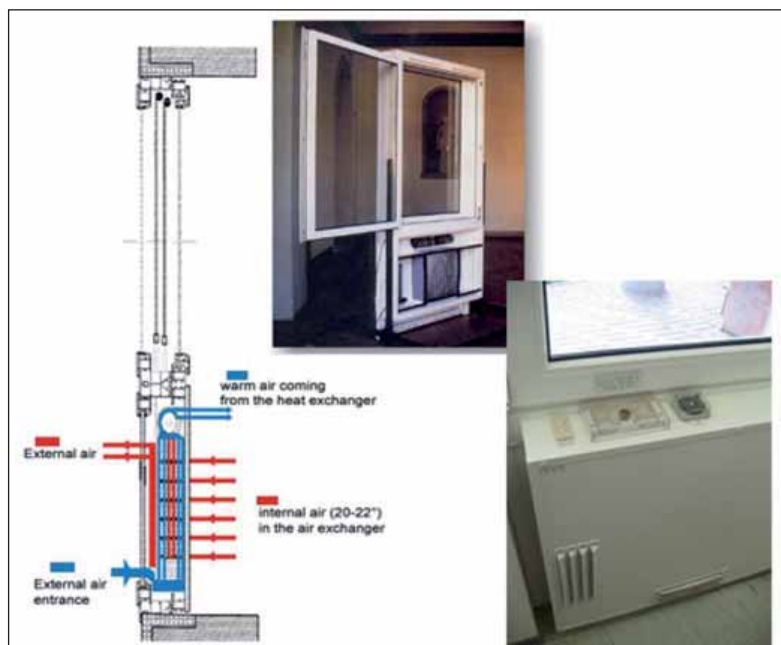
Luminanza.

### Riscaldamento

Le migliori caldaie ad alta efficienza possono funzionare con efficienze stagionali superiori al 90%: recuperando il calore della canna fumaria, la temperatura dei fumi arriva ad un valore in cui il vapore prodotto dalla combustione viene condensato. Da qui il nome di caldaia a condensazione ad alta efficienza.



La caldaia a condensazione ad alta efficienza.



La finestra intelligente.

Un effetto collaterale è dovuto al fatto che la condensa, normalmente acidula, deve essere eliminata attraverso un sistema di drenaggio.

Inoltre, tutte le caldaie a condensazione producono pennacchi di fumo dalla canna fumaria che sembrano vapore. I pennacchi di fumo possono arrivare alle proprietà confinanti provocando fastidio e condensa sul vetro o sui profili delle finestre; in questi casi è necessario un attento posizionamento della canna fumaria. Una caldaia a condensazione è una moderna caldaia ad alta efficienza con uno scambiatore di calore più grande, o un secondo scambiatore. Produce temperature dei fumi più basse ed un consumo minore di gas. Generalmente converte più dell'88% del combustibile in calore utile contro il 78% delle caldaie convenzionali.

### Raffrescamento

Anche il raffrescamento naturale viene garantito dalla presenza della "finestra intelligente" che utilizza le variazioni climatiche esterne per fornire il massimo comfort interno e ridurre i consumi energetici degli impianti nelle varie condizioni di uso. Essa comprende i concetti di raccolta solare, immagazzinamento e distribuzione del calore, sempre minimizzando guadagni interni e dissipazione del calore stesso.

### Schermatura

Una tenda motorizzata permette il 30% di controllo delle radiazioni; due controlli di flusso d'aria avvengono con una valvola a "T" che riduce il calore in estate e pre-riscalda l'aria di ventilazione durante l'inverno.

Effetti: alto guadagno solare, sistemi solari attivi, alto flusso di ventilazione, controllo delle radiazioni solari, raffrescamento notturno.

Trasmittanza termica:  $U \ 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

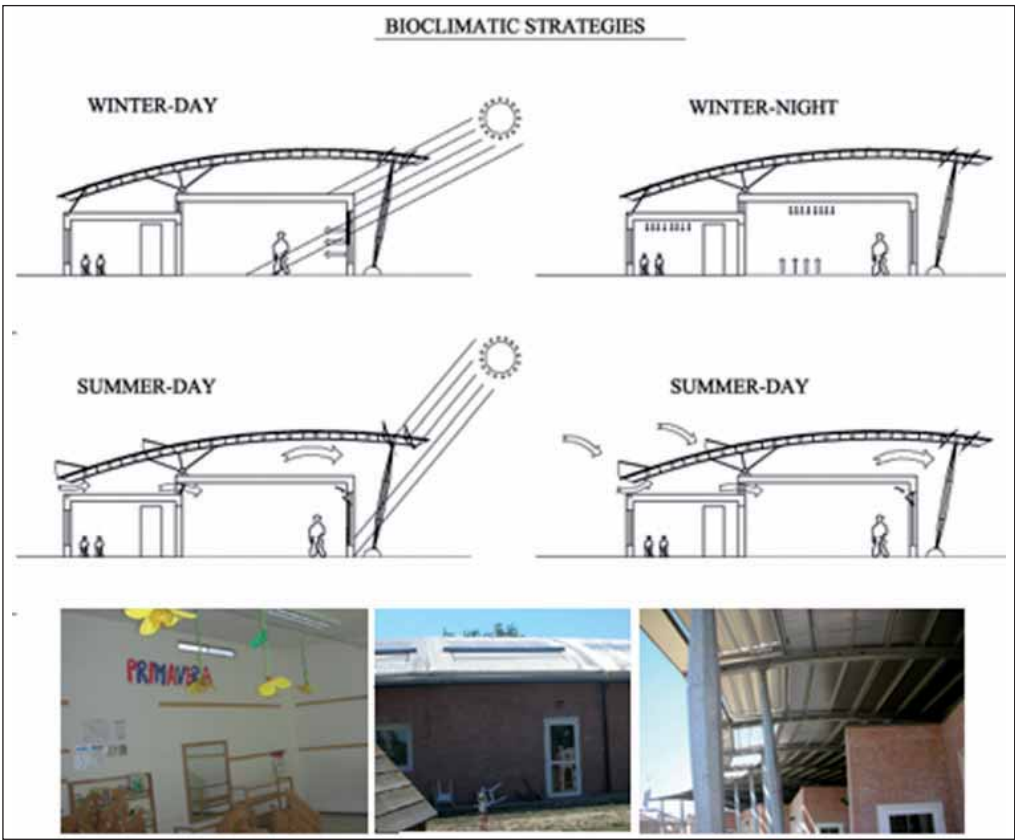
Trasmittanza visibile:  $U \text{ vetro } 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

Aria casuale ammessa:  $m = 50 \text{ m}^3/\text{h}$

### Ventilazione

La ventilazione naturale è garantita da molte aperture sulle facciate sud e nord. Durante l'inverno, di giorno, le finestre intelligenti implementano una ventilazione naturale insieme allo scambiatore di calore ed alle aperture finestrate.

La copertura è di tipo ventilato: un primo solaio in struttura predalles ed un'ulteriore copertura, formata da una carpenteria metallica e da pannelli in alluminio, che copre il primo solaio distanziandosi in modo variabile su tutta la superficie. Sul lato sud di questa seconda copertura sono localizzati dei frangisole orientabili che impediscono il surriscaldamento in facciata, mentre all'estremità in direzione nord sono disposte delle alette che permettono, a seconda delle esigenze climatiche, una depressione tra le due superfici di copertura in modo da provocare una ventilazione naturale, coadiuvata delle finestre poste in alto nelle aule.



Sezioni di ventilazione.

## Sistemi tecnologici

Aria fredda viene fornita attraverso un sistema di ventilazione con un'unità di recupero calore a flusso incrociato, ogni classe con la sua unità indipendente. Il sistema funziona con un flusso d'aria costante nei canali di immissione ed espulsione aria.

La semplicità del progetto e la sua capacità di garantire una buona qualità dell'aria sono stati i motivi della sua selezione.

Il prospetto a sud-est ha un'ampia area finestrata per gli spazi utilizzati soprattutto di giorno. L'accorgimento fornisce grandi guadagni solari passivi oltre che luce diurna.

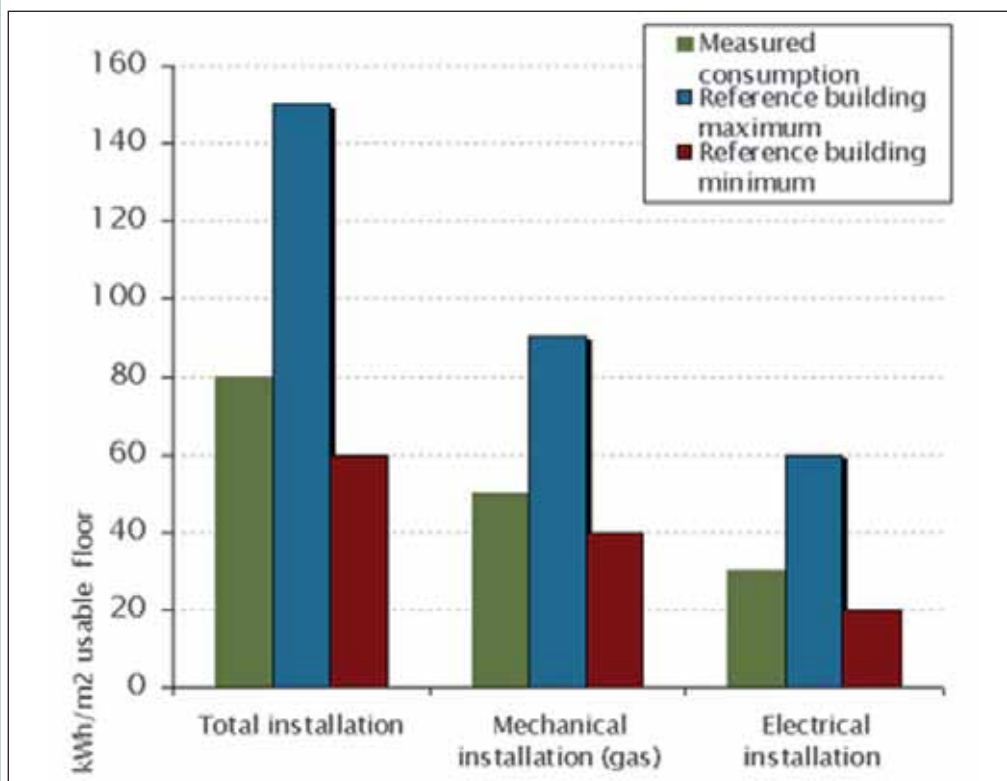
I guadagni termici solari sono immagazzinati nella massa dell'edificio.

Tende interne controllano il bagliore mentre frangisole manovrabili esterni proteggono dal surriscaldamento.

## Rendimento energetico

Il consumo energetico totale è stato monitorato per dodici mesi tra ottobre 2000 e settembre 2001 con un risultato di 80 kWh/m<sup>2</sup> annuo.

Il diagramma dimostra che i sistemi passivi adottati riducono il consumo energetico sia dell'impianto elettrico che di quello meccanico.



Istogramma energia primaria annuale consumata per m<sup>2</sup> di superficie utile. Fonte: EULEB.

## FH RHEIN-SIEG ST. AUGUSTIN, GERMANY

<b>Nome</b>	Università Scienze Applicate di Bonn-Rhein-Sieg
<b>Proprietario</b>	Land NRW
<b>Paese</b>	Germania
<b>Città</b>	Sankt Augustin
<b>Indirizzo</b>	Grantham-Allee 20
<b>Occupanti dell'edificio</b>	Università Scienze Applicate di Bonn-Rhein-Sieg
<b>Uso primario</b>	educazione
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	8.00 – 20.00 (lun – ven)
<b>Progettisti</b>	Werner + Neubert Architekturbüro, Köln HMP Bauplanung, Köln
<b>Ingegneri</b>	IGH Höpfer Ingenieurgesellschaft mbH, Köln (Statica, Impianti, filosofie energetiche, Simu- lazioni)  Università di Dortmund, Facoltà di Architettura Ambientale (monitoraggi energetici)
<b>Appaltatori</b>	Stadtwerke Sankt Augustin
<b>Sorgenti di energia</b>	corrente elettrica, gas, fotovoltaico
<b>Anno di completamento</b>	1999



Planimetria generale.





Ingresso principale.



Vista del campus.

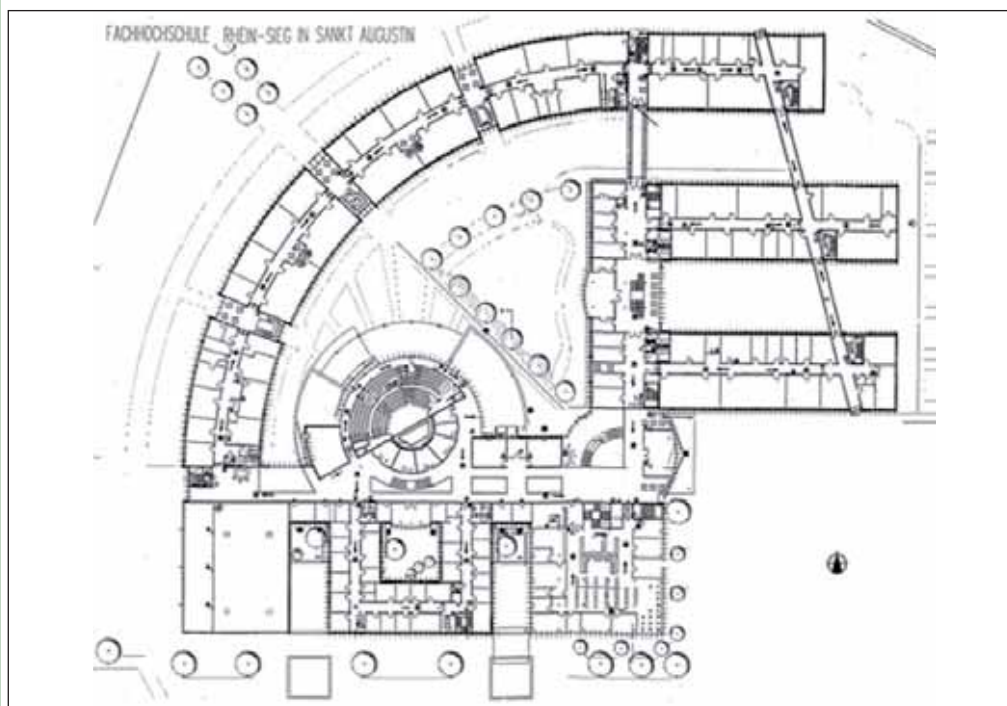




Atrio.



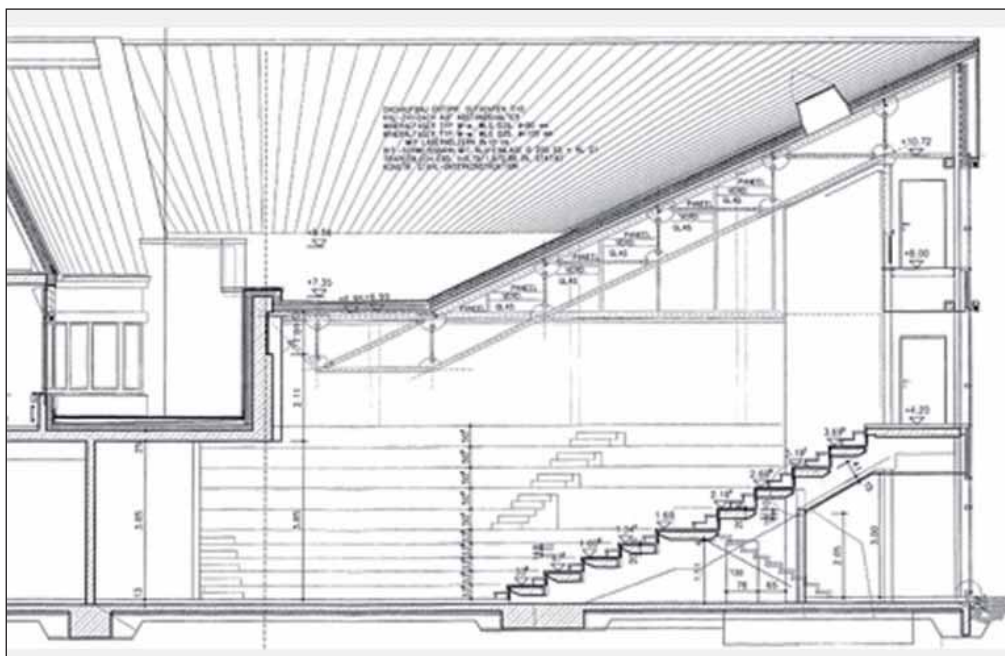
Atrio.



Pianta piano terra.



Prospetto nord.



Sezione est-ovest.

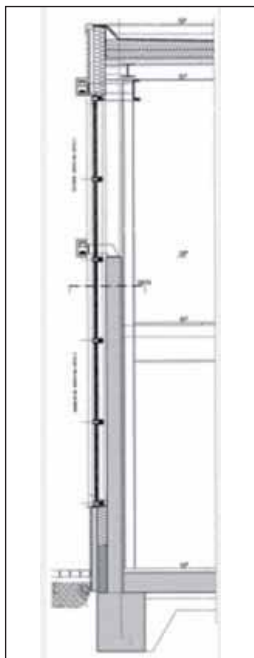
### Tecnologia costruttiva

L'edificio ha un telaio in cemento armato. I tamponamenti esterni sono elementi sandwich in cemento con coibentazione nell'intercapedine di 120 mm, oppure muri in calcestruzzo con isolamento esterno e facciate continue in alluminio. Gli spessori dell'isolamento sono aumentati a seconda della metodologia costruttiva. Finestre e facciate continue in vetro hanno profili in legno/alluminio e vetro basso-emissivo. A seconda dell'elemento costruttivo, la copertura può essere piana, vetrata, ad una falda, a volta a botte. Superficie vetrata: 0,34 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>.

ELEMENTO COSTRUTTIVO	TRASMITTANZA TERMICA (W/m <sup>2</sup> K)
Tamponamento esterno	0,20
Muro a cassetta prefabbricato	0,80
Copertura	0,19
Copertura in vetro	1,40
Finestra	1,40
Solaio a terra	0,37
Valore medio di trasmittanza termica	0,42

## Isolamento

Un isolamento termico di alta qualità è stato applicato all'involucro edilizio per ridurre il carico termico annuale. Confrontando con il progetto originale, lo spessore dell'isolamento è stato aumentato da 12 a 16 cm. Le finestre e le facciate vetrate hanno vetri ad alta efficienza, basso-emissivi, con valori di trasmittanza pari a  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , oltre a profili in legno-alluminio.



Sezione  
su facciata.

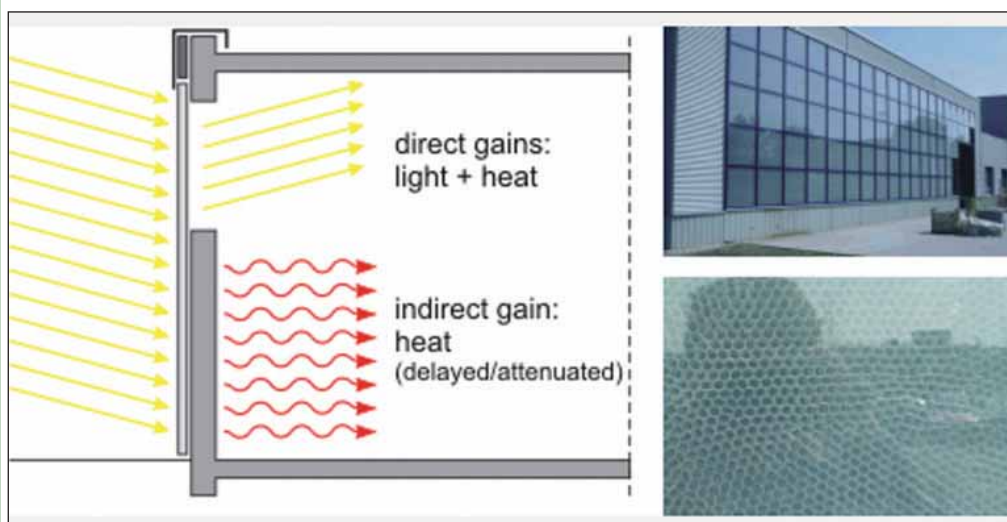
Isolamento termico trasparente viene usato nei lucernari delle aule e nel salone attrezzature. Ciò permette un buon isolamento e luce diffusa nei locali.

Il salone attrezzature è stato dotato di un muro Trombe nell'area inferiore della facciata. È composto da un isolamento termico trasparente di fronte ad un muro massiccio in calcestruzzo, che fornisce calore direttamente dentro il locale.

## Controllo solare

Le facciate hanno frangisole esterni. Il sole può essere diretto nei locali attraverso i lucernari, mentre le parti inferiori della facciata sono schermate. Le schermature sono automaticamente regolate in base alla temperatura del locale e all'illuminazione naturale. Un controllo manuale da parte degli utenti è sempre possibile. Cellule fotovoltaiche sono

integrate nella copertura dell'atrio di ingresso per una protezione solare. Il parapetto inclinato ai lati della facciata a sud è ricoperto di elementi fotovoltaici, senza una funzione schermante.



Isolamento termico trasparente – salone attrezzature.



Schermatura.

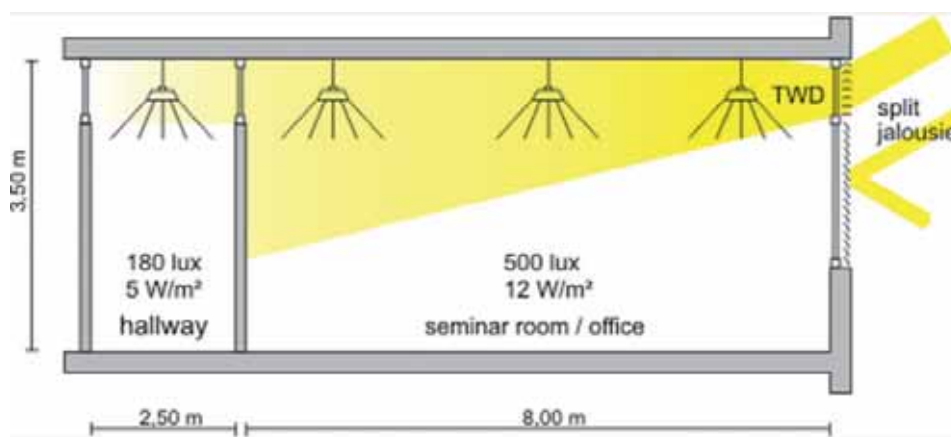
## Illuminazione

### Illuminazione naturale

La luce solare diretta viene riflessa nei locali profondi 8 m e nelle aule adiacenti attraverso lucernari con isolamento termico trasparente diffondente. La quantità di luce diurna può essere regolata dalla parte superiore dei frangisole. L'illuminazione naturale in alcune parti dell'edificio viene fornita dagli atri. I lucernari diffondenti vengono sfruttati anche nel salone attrezzature.

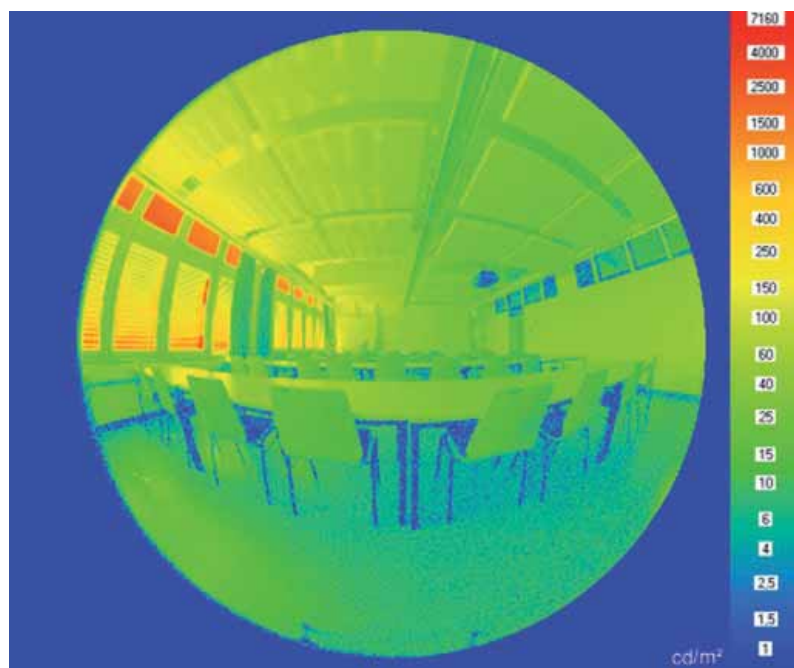
### Illuminazione artificiale

Un'illuminazione zonale in aggiunta all'illuminazione naturale porta a risparmi elettrici. Tre file illuminanti nelle aule dipendono dall'illuminazione naturale e sono regolate da sensori. La densità di illuminazione nominale viene aumentata a 180 lux per evitare un'impressione di aule buie.



Filosofia d'illuminazione delle aule seminari.





Luminanza.

### Riscaldamento

Il carico di riscaldamento è soddisfatto dall'impianto di cogenerazione da 76 kW e da due caldaie a condensazione a gas da 600 kW ognuna attraverso un immagazzinamento cuscinetto.

Le aule sono riscaldate da radiatori che vengono automaticamente spenti in alcune aree all'apertura delle finestre. Il riscaldamento ha un controllo locale attraverso il sistema di regolazione centralizzato in base al valore di occupazione. Il riscaldamento degli auditori è realizzato tramite un impianto di ventilazione. D'inverno uno scambiatore di calore interrato pre-riscalda l'aria.

L'aumento della temperatura è poi realizzato da uno scambiatore di calore a rotori e, se necessario, da una valvola di riscaldamento, prossima sulla linea. L'aria d'entrata entra nell'auditorium da un solaio in sovrappressione.

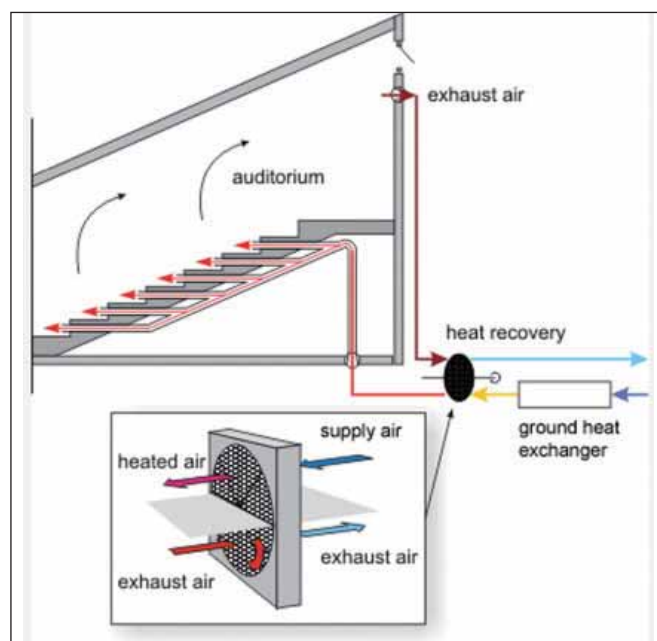
Il calore di recupero da piccoli refrigeratori viene usato per il riscaldamento dell'acqua sanitaria per l'area ristoro.

### Raffrescamento

Si è rinunciato al solito impianto di aria condizionata per l'area auditorio. Al suo posto, l'impianto di ventilazione è stato fornito di scambiatori di calore, interrato e a rotori, che permette il raffrescamento passivo.

Lo scambiatore interrato è formato da tre condotti in calcestruzzo di lunghezza 75 m e diametro 1,70 m. Ciò è adatto per un flusso d'aria di progetto da 50.000 m<sup>3</sup>/h.

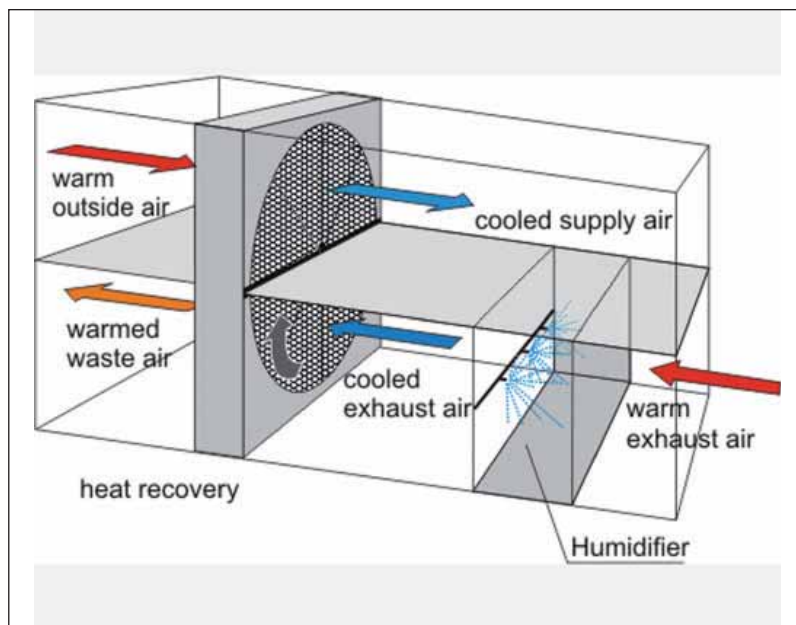




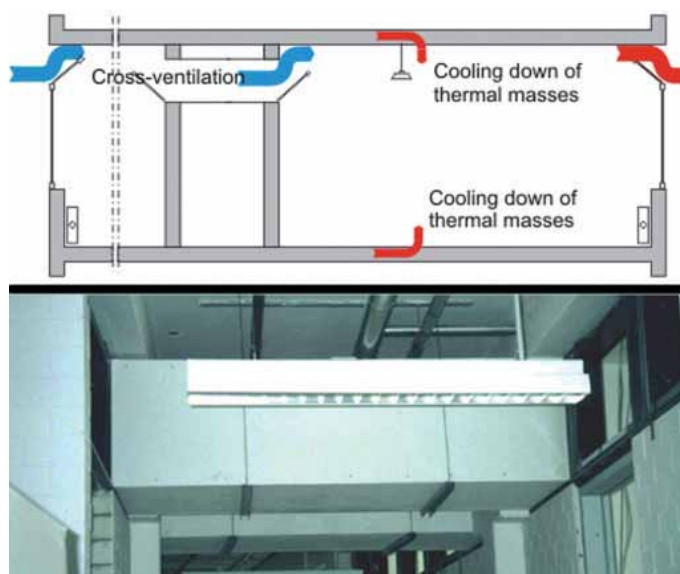
Filosofia di riscaldamento dell'auditorium.

L'aria estratta attraverso lo scambiatore di calore a rotore o entra direttamente nell'auditorium attraverso un bypass.

Energia raffrescante aggiuntiva viene fornita da un raffrescamento ad evaporazione nello scambiatore di calore.



Raffrescamento ad evaporazione.



Ventilazione.

Tutte le aree dell'edificio possono essere raffrescate dalla ventilazione notturna. Per tale motivo i muri interni sono massicci, in modo da sfruttare la loro capacità di massa termica. Locali speciali con alti carichi termici (come i locali computer) sfruttano piccoli condizionatori d'aria decentralizzati.

### Ventilazione

Le aule sono naturalmente ventilate dall'apertura delle finestre. D'estate una ventilazione crociata è realizzata, di notte, aprendo automaticamente i lucernari ed un canale di ventilazione nel corridoio. Il motore principale è il differenziale di pressione del vento attraverso le facciate. La ventilazione dell'auditorio viene realizzata grazie ad un dispositivo di ventilazione meccanica, con un sistema di controllo VAV (volume aria variabile) delle emissioni di  $\text{CO}_2$ .

### Materiali

Elementi di massa termica vengono sfruttati per raffrescare il più possibile senza l'uso di dispositivi appositi. I muri massicci non isolati e la metodologia costruttiva dei solai possono essere raffrescati dalla ventilazione notturna oltre ad assorbire il calore di giorno. Gran parte della copertura ha un manto di vegetazione. In tal modo si migliorano le condizioni microclimatiche e si riduce la richiesta di raffrescamento.

### Energie rinnovabili

Un impianto fotovoltaico connesso ad una griglia con una potenza massima di 22 kW è stato integrato nella vetratura della copertura dell'atrio centrale ed in una facciata continua con orientamento a sud. La superficie totale del sistema fotovoltaico è di 222 m<sup>2</sup>.

## Co-generazione

L'unità di cogenerazione alimentata a gas genera 76 kW di calore e 40 kW di elettricità. L'impianto è stato costruito grazie ad un accordo contrattuale con le autorità locali.



Muro non isolato e pannello acustico a soffitto.



Fotovoltaico integrato.



Impianto di cogenerazione.

### Impiego della pioggia

L'edificio d'ingresso è fornito di una cisterna che si immette in un laghetto ed in un fossato, in modo da sfruttare l'acqua piovana proveniente dalla copertura. Le cassette nei bagni degli auditori e nelle zone amministrative sfruttano l'acqua piovana. Solo le cassette dei bagni dei settori delle aule sono ad acqua fresca, in modo da evitare l'uso di lunghi condotti di trasferimento. 2.110 m<sup>3</sup> di acqua piovana e solo 192 m<sup>3</sup> di acqua fresca sono stati usati da Gennaio a Dicembre 2001 per le cassette dei water. In tal modo il 36% del consumo totale di acqua per l'università è fornito dall'acqua piovana. Le acque meteoriche e le altre acque bianche vengono drenate nel fossato sull'area in modo da scaricare il sistema drenante.

### Rendimento energetico

Tutte le conversioni da energia fornita a energia primaria sono state realizzate secondo lo standard tedesco DIN V 18599-1:2005-07. Viene considerata solo la parte di energia non rinnovabile.

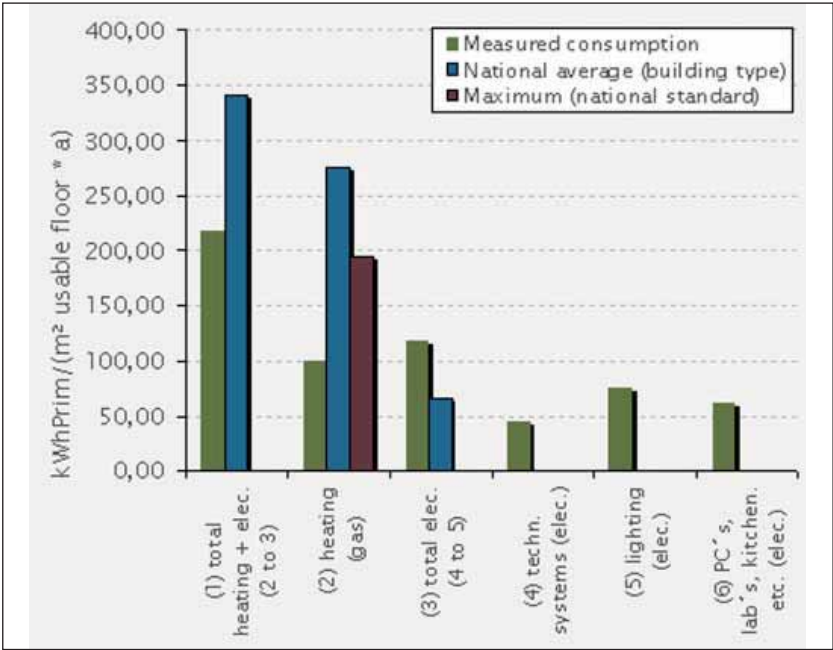
- Elettricità: 2,7
- Gas: 1,1

Il consumo energetico è sempre calcolato in base alla superficie netta (m<sup>2</sup>). Tutti i dati di misurazione sono stati estratti dal programma tedesco Solarbau: Monitor- Programme (Università di Scienze Applicate di Biberach) e adattati al

clima. I consumi medi nazionali sono stati elaborati dal VDI-Code VDI 3807-2. In tale codice il consumo specifico dell'edificio (energia fornita) è stato calcolato in base alla superficie. I dati sono stati estratti da una ricerca realizzata fra il 1993 e il 1995. La conversione in superficie netta è stata realizzata in base a VDI 3807-1, Tabella 3.



Fossato per acqua piovana.



Istogramma energia primaria consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.



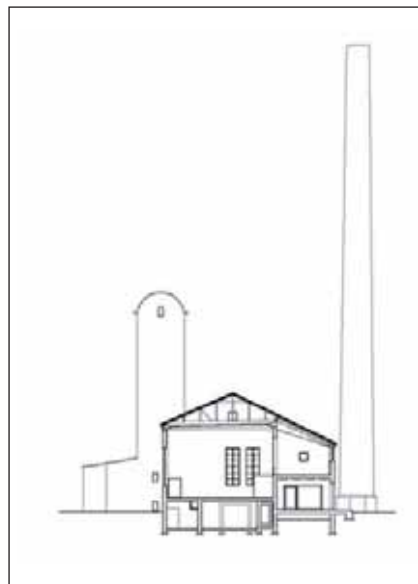
## 4

## MUSEO DI ARTE MODERNA - KRISTINEHAMN

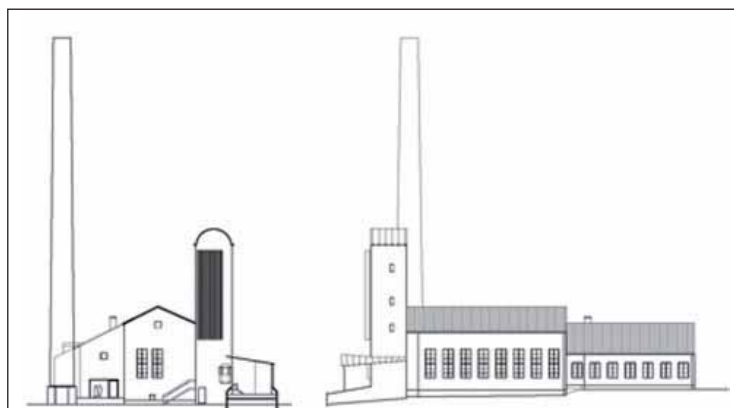
<b>Nome</b>	Kristinehamn Museo di Arte Moderna
<b>Proprietario</b>	La città di Kristinehamn
<b>Paese</b>	Svezia
<b>Città</b>	Kristinehamn
<b>Indirizzo</b>	Dr Enwalls väg 13C
<b>Occupanti dell'edificio</b>	Kristinehamn Museo di Arte Moderna
<b>Uso primario</b>	Museo di Arte Contemporanea
<b>Uso secondario</b>	servizi museali (conferenze, negozi, ecc.)
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	mar-dom 10.00-16.00 (estate) mar-dom 12.00-16.00
<b>Progettisti</b>	architetto: CNA - Christer Nordström Arkitektkontor progetto shop e reception: Io Designstudio
<b>Ingegneri</b>	WSP Environmental Åke Blomsterberg, Prestazioni, specifiche, simulazioni, rilievi CNA - Christer Nordström Arkitektkontor AB, impianto aria solare Mike Wilson, LEARN, Università Londra Centrale, UK, illuminazione naturale WSP Systems, Göteborg, consulenti riscaldamento e ventilazione Carl Bro AB, Stockholm, sicurezza
<b>Appaltatori</b>	Allbyggarn AB, Kristinehamn
<b>Produttori di tecnologie di risparmio energetico</b>	assorbitori aria solare - Solarwall International Schermature - ERCO AB
<b>Sorgenti di energia</b>	riscaldamento distrettuale, riscaldamento a pavimento e radiatori; riscaldamento ad aria solare
<b>Anno di completamento</b>	aprile 2003



Esterni.



Sezione.



Prospetti.

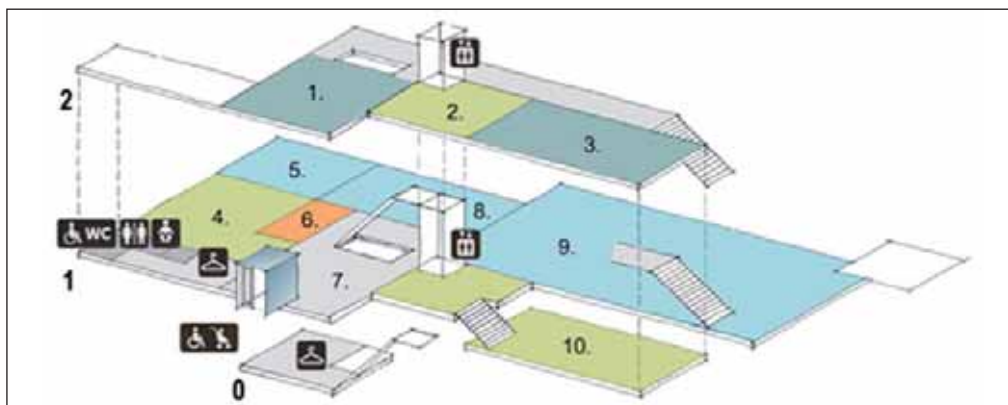


Diagramma spaziale 3d.

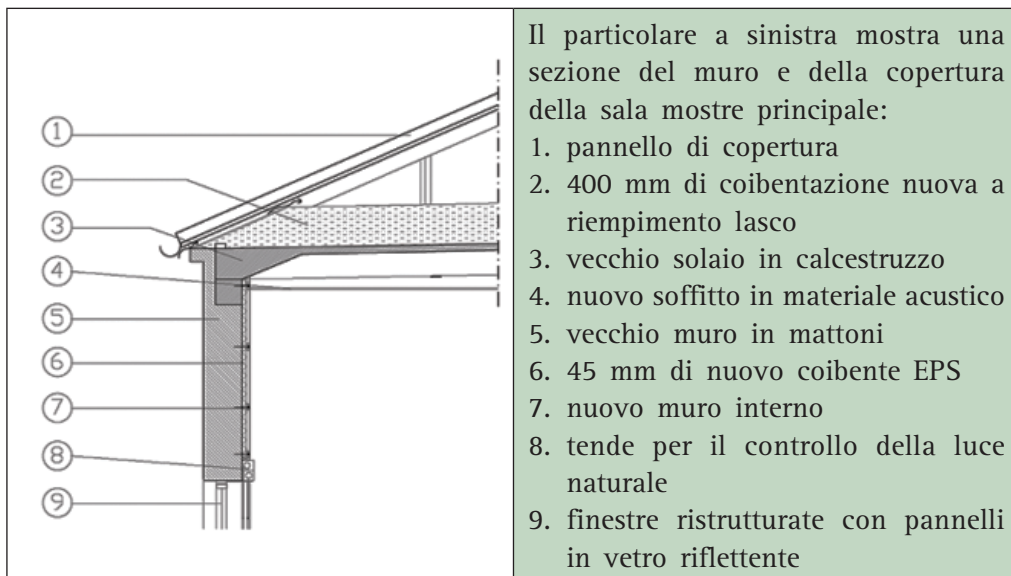


Vista 3d area.



Vista sala mostre.

## Tecnologia costruttiva



Giunto fra muro e copertura.

I materiali dell'edificio sono stati attentamente scelti per minimizzare gli effetti negativi sull'ambiente e sulle persone usando il metodo EPM (Environmental Preference Method). Ciò è stato condotto all'interno dell'attività orizzontale "Sustainable construction and materials" (costruzione sostenibile e materiali).

I nuovi muri interni e piani intermedi sono costruiti in legno. I solai sono di legno massiccio, calcare naturale, piastrelle in ceramica o gomma. Le nuove finestre hanno vetri basso-emissivi con riempimento in argon e sigillante in EPDM. I materiali coibenti usati sono il legno minerale e l'EPS. Pittura naturale è stata usata sui muri esterni. Le pitture usate all'interno sono invece ad acqua. Gli aspetti ambientali sono stati presi in considerazione nella scelta dei materiali per i nuovi impianti dell'acqua. I sistemi interni per rifiuti sono in PP (polipropilene). I WC hanno la possibilità di scelta sulla quantità di cacciata. I condotti dell'acqua sono coibentati con lana minerale. I rivestimenti delle gronde sono in gomma. Gli scarichi hanno guarnizioni in gomma. I rifiuti dell'edificio sono stati differenziati in vetro, carta/cartone, legno, metalli, materiali chimici.

## Sistemi tecnologici

Il progetto comprende la ristrutturazione del vecchio sistema di riscaldamento in uno nuovo ad alta efficienza energetica per edifici museali di arte contemporanea. I sistemi tecnologici principali comprendono:

- involucro edilizio migliorato con coibente aggiuntivo su soffitti/copertura, alcuni muri e solai;
- finestre ristrutturate con migliore efficienza energetica;

- airlock nell'ingresso;
- sistema di ventilazione naturale che pre-riscalda l'aria fredda (sale mostre);
- un nuovo impianto di ventilazione con recupero del calore;
- sistema avanzato di regolazione e controllo (Building Energy Management System - BEMS);
- illuminazione artificiale a bassa potenza energetica;
- nuovo impianto di ottimizzazione della luce naturale.



Air lock ingresso principale.

### Isolamento

Coibente aggiuntivo è stato installato nell'involucro edilizio:

- una coibentazione aggiuntiva di 400 mm di lana minerale è stata applicata fra il soffitto e la copertura;
- i muri esterni delle sale mostra sono stati internamente coibentati con 45 mm di EPS;
- 70 mm di coibentazione EPS sono stati installati a pavimento sotto il sistema di riscaldamento.

Finestre ristrutturare:

- finestre esistenti migliorate con la sostituzione del pannello interno del vecchio sistema a doppi vetri con pannelli basso-emissivi e riflettenti calore;
- nuove finestre con pannelli basso-emissivi e riflettenti calore che hanno un valore di trasmittanza termica minore di 1,6 W/m<sup>2</sup>K.



## Controllo solare

Per poter sfruttare più luce naturale possibile, proteggendo al contempo gli oggetti d'arte contro i raggi UV, l'impianto di illuminazione naturale è stato attentamente progettato. Per poter trovare le corrette soluzioni acustiche e di illuminazione naturale, il gruppo progettuale è stato assistito dal prof. Mike Wilson della London Metropolitan University. Per creare un sistema flessibile, le finestre delle sale mostra sono state dotate di un doppio sistema di persiane. Con un controllo remoto per le veneziane, la luce diurna può essere variata all'interno di un campo che va dalla luce naturale totale al buio totale. I pannelli di vetro interni delle finestre sono stati sostituiti con pannelli riflettenti che riducono i raggi UV.

## Ventilazione

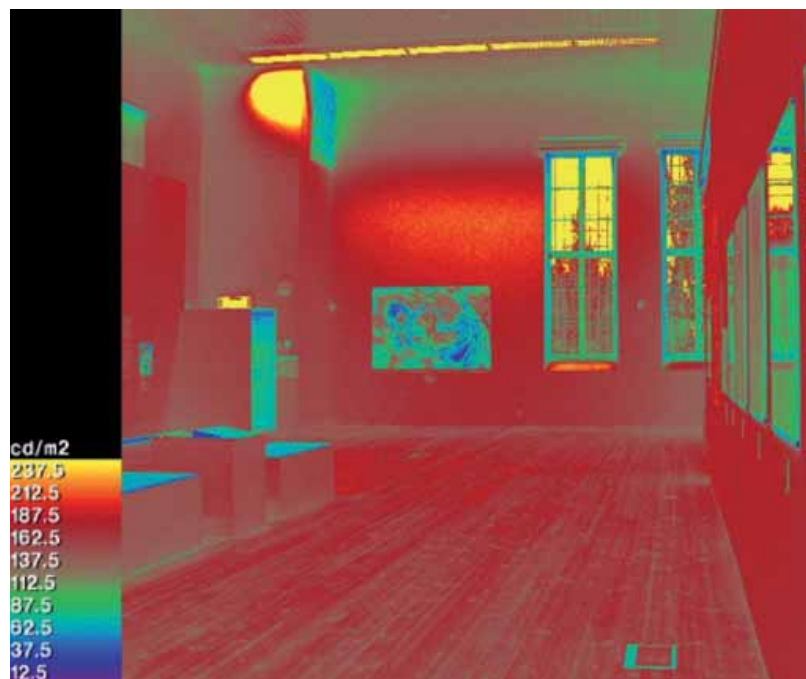
L'aria esterna per le sale di esibizione è pre-riscaldata da un collettore solare installato sulla facciata sud di una vecchia torre di carbone. L'aria riscaldata dal sole è fornita da un ventilatore a controllo di CO<sub>2</sub> (controllo interno del livello di CO<sub>2</sub>) alle sale mostra attraverso griglie a pavimento e poi estratta tramite la ventilazione naturale attraverso la vecchia torre.

1. l'aria d'ingresso viene pre-riscaldata nel collettore solare;
2. l'aria riscaldata dal sole viene trasportata da un ventilatore ad un'unità che regola la temperatura e l'umidità finali;
3. l'aria entra nelle sale mostra a bassa velocità attraverso i dispositivi di ingresso aria a pavimento;

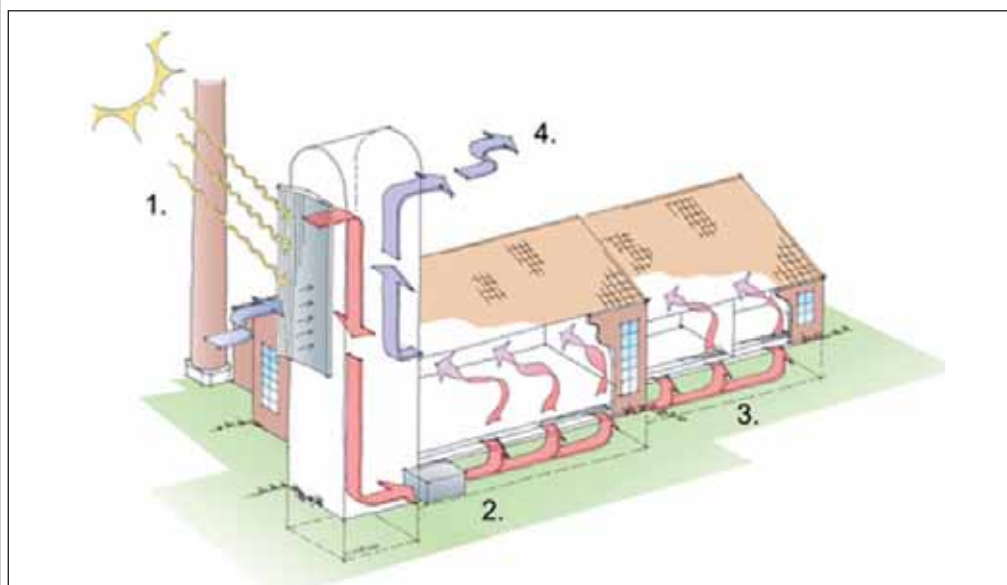


Luce diurna controllata alle vetrine.

4. l'aria consumata viene estratta attraverso la vecchia torre di carbone. Le sale mostra hanno un sistema per una ventilazione mista controllata a richiesta come sopra descritto. Altri spazi sono stati dotati di ventilazione meccanica con un recupero calore moderno ed efficiente (scambiatori di calore a rotazione).



Luminanza.



Schema ventilazione.

## Energie rinnovabili

Il collettore solare è opaco e di una progettazione cosiddetta “a flusso trasversale” dove l’aria fredda attraversa piccoli fori nella piastra di assorbimento. Ciò permette trasferimento di calore ed efficienza.

Il collettore solare è stato costruito adattando al sito con una leggera forma curvata in modo da dare l’impressione di “catturare il sole”.

## Rendimento energetico

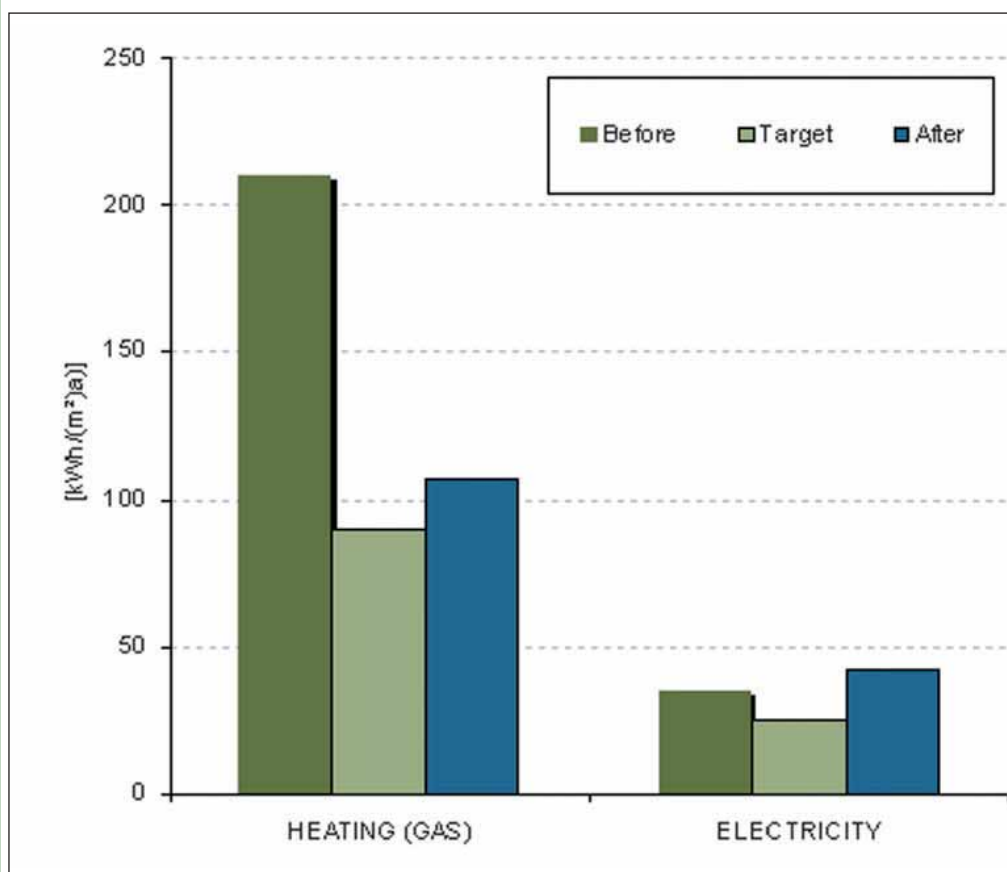
Il consumo energetico per il riscaldamento ambientale è stato ridotto del 50%, da 210 kWh/m<sup>2</sup> anno a 107 kWh/m<sup>2</sup> anno e potrebbe essere facilmente ridotto ancora al target di 90 kWh/m<sup>2</sup> anno.



Collettore solare.

Il consumo elettrico è aumentato a causa di apparecchiatura addizionale, altrimenti sarebbe stato più basso del precedente 35 kWh/m<sup>2</sup> anno e più vicino al target di 25 kWh/m<sup>2</sup> anno, nonostante il miglioramento agli impianti di illuminazione e di ventilazione.

Il museo ristrutturato è riscaldato dall’impianto distrettuale di riscaldamento a biomassa (combustibile di schegge di legno). Se l’edificio ristrutturato avesse avuto un impianto di riscaldamento ad olio la riduzione di emissioni di CO<sub>2</sub> sarebbe stata di 48 ton/anno grazie ai risparmi energetici ottenuti.

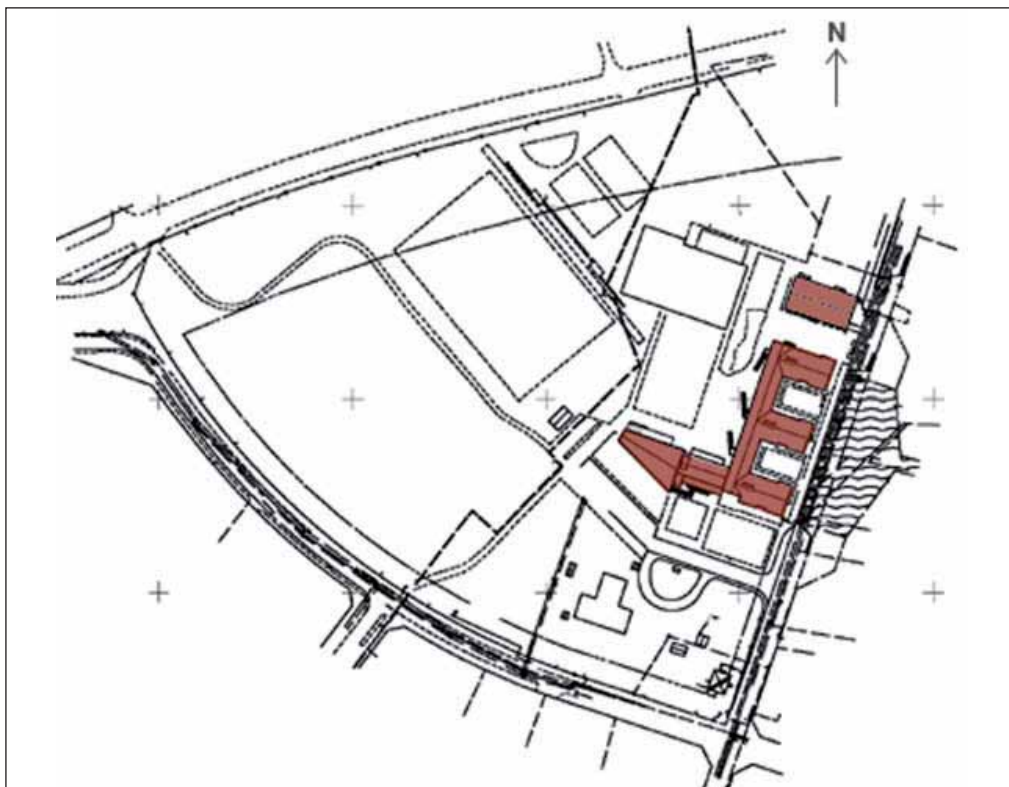


Istogramma energia primaria consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.

In Svezia molti vecchi edifici (soprattutto ospedali, fabbriche ed edifici militari) vengono trasformati in musei, uffici, ecc. ma raramente con un risultato di edificio sano, ad efficienza energetica e sostenibile. Il presente progetto ha chiaramente dimostrato come si possono raggiungere tali obiettivi.

## TANGA SCHOOL – FALKENBERG

<b>Nome</b>	Scuola Tanga
<b>Proprietario</b>	Comune di Falkenberg
<b>Paese</b>	Svezia
<b>Città</b>	Falkenberg
<b>Indirizzo</b>	Murarevagen 50
<b>Occupanti dell'edificio</b>	Comune di Falkenberg
<b>Uso primario</b>	educazione
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	lun – ven 09.00 – 16.00 195 giorni feriali/anno
<b>Progettisti</b>	architetti: CNA – Christer Nordström Architects in collaborazione con Efem Architects. camini solari progettati da Christer Nordström Architect



Planimetria generale.



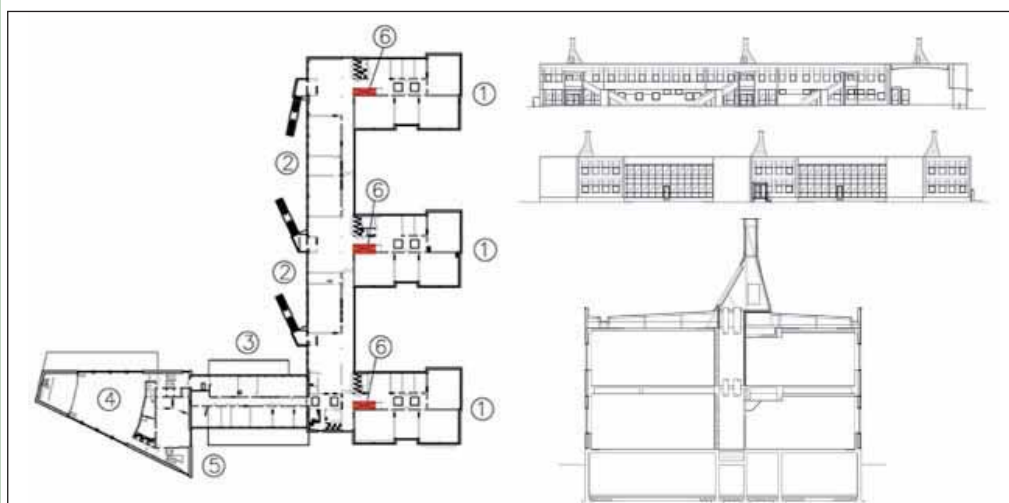
Facciata est.



Scale esterne.

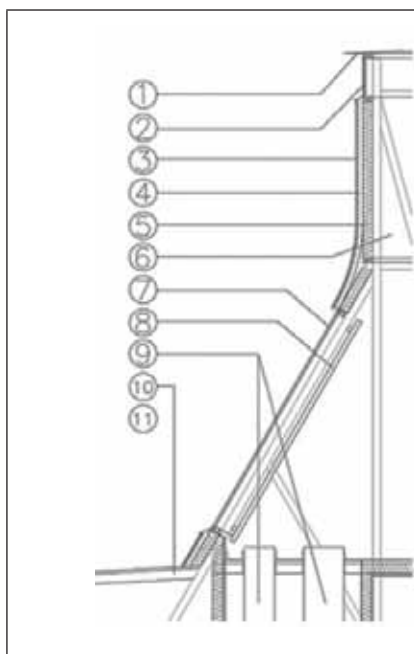


Scala coperta.



Piante, prospetti e sezione.





A sinistra una sezione sul camino solare:

1. parte superiore del camino coperta dal tetto
2. uscite aria
3. camini solari rivestiti con lamiera
4. intercapedine d'aria fra coibente e lamiera per l'evacuazione della condensa
5. 95 mm coibentazione in lana minerale
6. pozzo di ventilazione per aria estratta
7. vetro termico a tre strati
8. lamiera assorbente solare
9. condotti aria
10. vecchia copertura

Sezione su camino solare.



Camino solare.

### Sistemi tecnologici

Per aumentare gli effetti di tiraggio, camini solari alti 6 m sono stati installati sulla copertura con ventilatori di estrazione di appoggio e griglie centrali montate in parallelo.

Oltre ad estendere la lunghezza dei condotti di estrazione, i camini sono formati da un collettore di aria solare a piastra piatta che riscalda l'aria ed aumenta l'effetto camino negli ultimi 6 m dei condotti di estrazione.

Vi è un totale di tre camini solari, ognuno che serve una parte diversa dell'edificio. Per ottenere effetti camino uguali su entrambi i piani e i ventilatori contemporaneamente in funzione quando necessario, la progettazione ha ridotto l'area di ventilazione crociata dei condotti di estrazione dal primo piano.

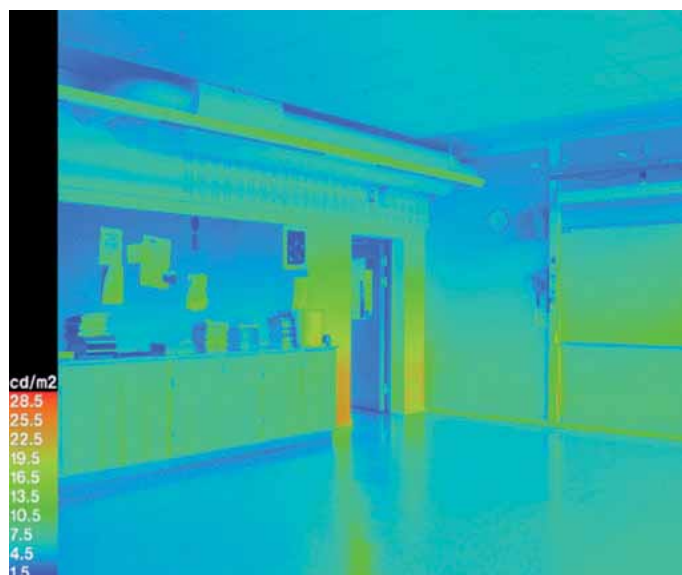
## Illuminazione

L'illuminazione naturale è migliorata in tre aule dell'edificio B con finestre alte, riflettori di luce diurna interni e lucernari esistenti.

Le lampade sono ad efficienza energetica (potenza elettrica installata nelle classi 13 W/m<sup>2</sup>, nei corridoi 8 W/m<sup>2</sup>) cioè tubi fluorescenti HF, installati negli edifici A, B e C. L'illuminazione artificiale è automaticamente regolata da sensori di presenza.



Illuminazione naturale.



Luminanza.

## Ventilazione

Il principio di ventilazione principale dell'edificio B è rappresentato dalla ventilazione passiva ad effetto camino. Quando gli effetti di tiraggio non forniscono una pressione differenziale sufficiente, ventilatori d'appoggio messi in funzione lo manterranno ad un livello sufficiente.

Nella scuola di Tànga l'aria esterna viene distribuita nei locali attraverso prese d'aria sotto le finestre dei muri esterni (tre per classe come si vede nell'immagine a sinistra) che la immettono in un frammento di condotto che la porta verso l'interno delle classi. L'aria esterna viene pre-riscaldata da convettori installati sotto il frammento di condotto. Ciò dovrebbe fornire ventilazione mista nelle classi. L'aria di estrazione viene evacuata attraverso estrattori terminali sotto il soffitto, sulla parte opposta del locale, in condotti di ventilazione verticali.

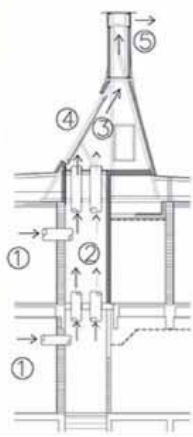
Valvole locali sono installate sia nelle prese d'aria che nei condotti di estrazione per permettere una regolazione individuale del livello di flusso.

Per evitare il pericolo di aria che torna nel sistema di condotti, tutte le classi hanno prese d'aria contro la direzione predominante del vento.



Camino solare.

Le immagini mostrano l'interno dei camini solari. Dietro al vetro si trovano piastre assorbenti di lamiera ondulata (non visibili nella foto).



A sinistra l'immagine mostra il funzionamento del sistema di ventilazione naturale a tiraggio assistito dal sole:

1. l'aria fresca entra nelle classi dai muri e viene pre-riscaldata dietro ai radiatori;
2. l'aria è estratta dalle classi ed immessa nei pozzi di ventilazione principali;
3. l'aria sale nei pozzi d'estrazione per l'effetto camino;
4. l'aria entra nel camino solare;
5. l'aria viene scaldata nei collettori di aria solare aumentando l'effetto camino;
- 6 l'aria è estratta attraverso la parte superiore dei camini solari.

## Rendimento energetico

La scuola è formata da tre edifici:

A – aula assemblee, mensa/cucina e uffici

B – classi e workshop

C – un edificio separato che ospita laboratori e workshop

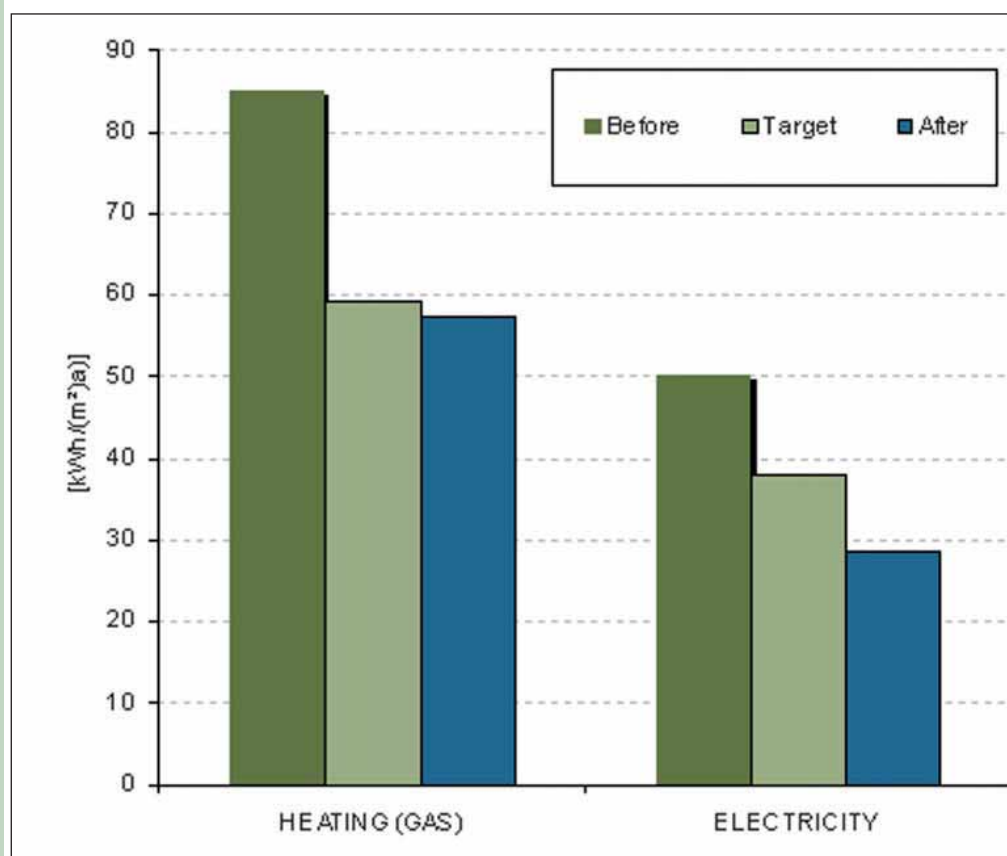
La ristrutturazione energetica è stata effettuata principalmente nelle classi dell'edificio B.

Il diagramma mostra il consumo energetico per riscaldamento ed elettricità nell'edificio B ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \text{ anno}$ ), prima e dopo la ristrutturazione, oltre al consumo energetico previsto.

Nel complesso il consumo per il riscaldamento è stato ridotto del 20%. La riduzione nell'edificio B è del 30% e del 50% nell'edificio C.

I due edifici non sono propriamente comparabili in quanto la superficie ed il tipo di attività sono diversi. Nell'edificio B si trovano principalmente aule e nell'edificio C workshop.

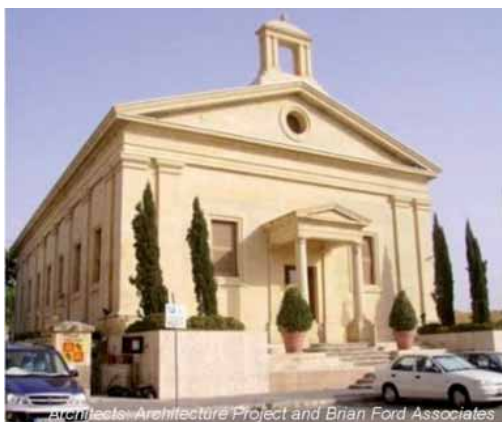
Il consumo totale di elettricità per la ventilazione è stato ridotto del 55% e per l'illuminazione del 45%.



Istogramma. Fonte: EULEB.







Facciata principale.



Facciata ovest.



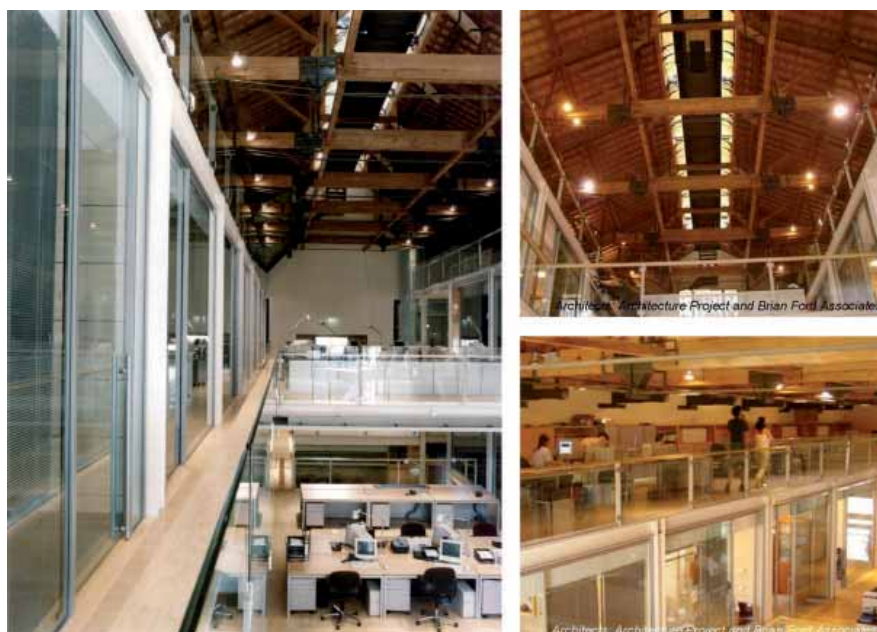
Vista degli interni.



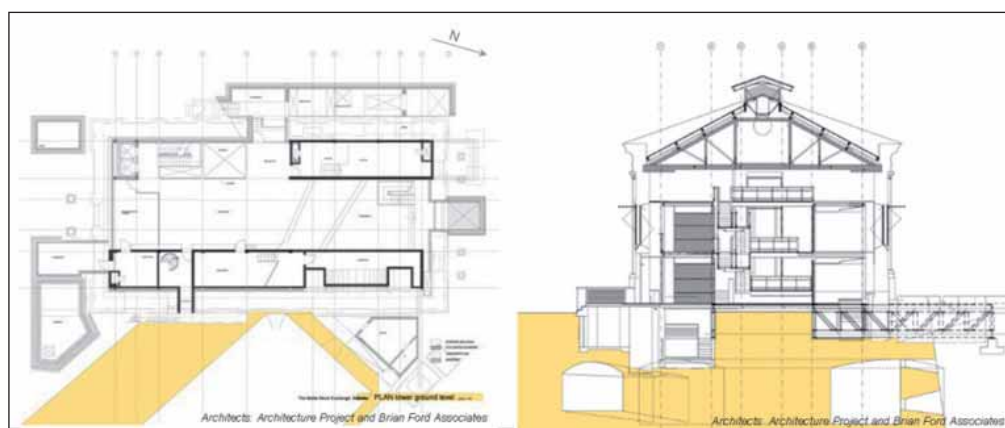
### Tecnologia costruttiva

Il progetto ha riguardato la ristrutturazione di un edificio esistente vincolato che comprende un atrio a cinque piani, circondato da uffici cellulari perimetrali. La nuova struttura metallica interna, divisa da solai in cemento, è stata inserita nell'involucro in pietra dell'edificio originale. La larghezza dei muri in pietra è di 60 cm. Il rapporto di vetratura è di circa 5%.

Gli uffici sono separati da partizioni in cartongesso ed hanno tamponamenti vetrati sullo spazio centrale dell'atrio. La struttura della copertura in vista è lignea. Il valore di trasmittanza termica della copertura è di  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Vista dell'atrio centrale e degli uffici cellulari.



Prospetto ovest e Sezione.



Illuminazione degli uffici.

### Sistemi tecnologici

Lo studio Brian Ford & Associates ha progettato un sistema di raffrescamento misto a flusso verso il basso, per mantenere condizioni interne di benessere nell'atrio centrale della Borsa di Malta.

Mentre gli uffici che circondano l'atrio sono raffrescati ad aria condizionata, l'atrio, alto 14 m, non ha bisogno di aria condizionata di tipo convenzionale e riduce i costi di manutenzione ed energetici.

Durante i giorni estivi l'atrio viene raffrescato attraverso ugelli idraulici (micro-nizzatori) oppure indirettamente da serpentine ad acqua refrigerate.

Ventilconvettori alimentati da una pompa di calore vengono usati per il riscaldamento. La temperatura dell'acqua nella pompa arriva ad un massimo di 50 °C.

Secondo le simulazioni, il carico di punta è di circa 25-30 kW per riscaldare fino a 21 °C lo spazio centrale a una temperatura ambiente invernale di 8 °C.

### Raffreddamento

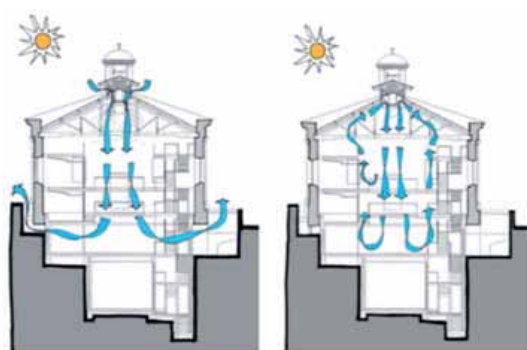
Gli uffici cellulari e le sale riunioni della Borsa di Malta sono climatizzati ad aria condizionata.

Il raffrescamento dello spazio centrale avviene attraverso tre strategie complementari:

- raffrescamento indiretto: due circuiti ad acqua refrigerata alimentano serpentine di raffreddamento installate sui colmi della copertura. Sono connesse a diffusori automatici e funzionano in contemporanea. L'aria calda in salita passa attraverso le serpentine con il risultato di una corrente di aria raffreddata verso il basso;
- raffrescamento diretto: il sistema passivo ad evaporazione a corrente verso il basso funziona grazie agli ugelli idraulici. L'aria viene umidificata dai micro-nizzatori installati sui colmi del tetto. Il processo passivo di corrente verso il

basso spinge il flusso d'aria nell'edificio evitando la necessità di ventilatori, canalizzazioni e controsoffitti;

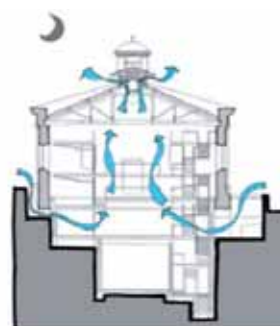
- raffrescamento notturno convettivo: viene promosso quando la temperatura esterna scende al di sotto di 23 °C. Il movimento dell'aria viene spinto da forze di turbolenza che rendono contrario il flusso d'aria (vedi anche Ventilazione).



summer day cooling  
strategy using PDEC

summer day cooling  
strategy using Cooling Coil

Architects: Architecture Project and Brian Ford Associates



summer night cooling  
strategy using convective  
night ventilation

Architects: Architecture Project and Brian Ford Associates

Strategia mista di raffrescamento.

Strategia di raffrescamento  
estivo notturno.

## Ventilazione

- alte griglie a finestra sui colmi del tetto e basse griglie al piano terreno inferiore, installate nei tamponamenti est, ovest e sud, forniscono una ventilazione quando aperte;
- una ventilazione di tipo convettivo notturna viene promossa quando la temperatura esterna scende al di sotto di 23 °C.

Durante la ventilazione notturna sono completamente aperte tutte le griglie alte e basse. Il movimento dell'aria viene spinto da forze di turbolenza che rendono contrario il flusso diurno dell'aria. L'aria entra al di sotto del piano terreno e sale grazie all'effetto camino verso le griglie superiori da cui esce.

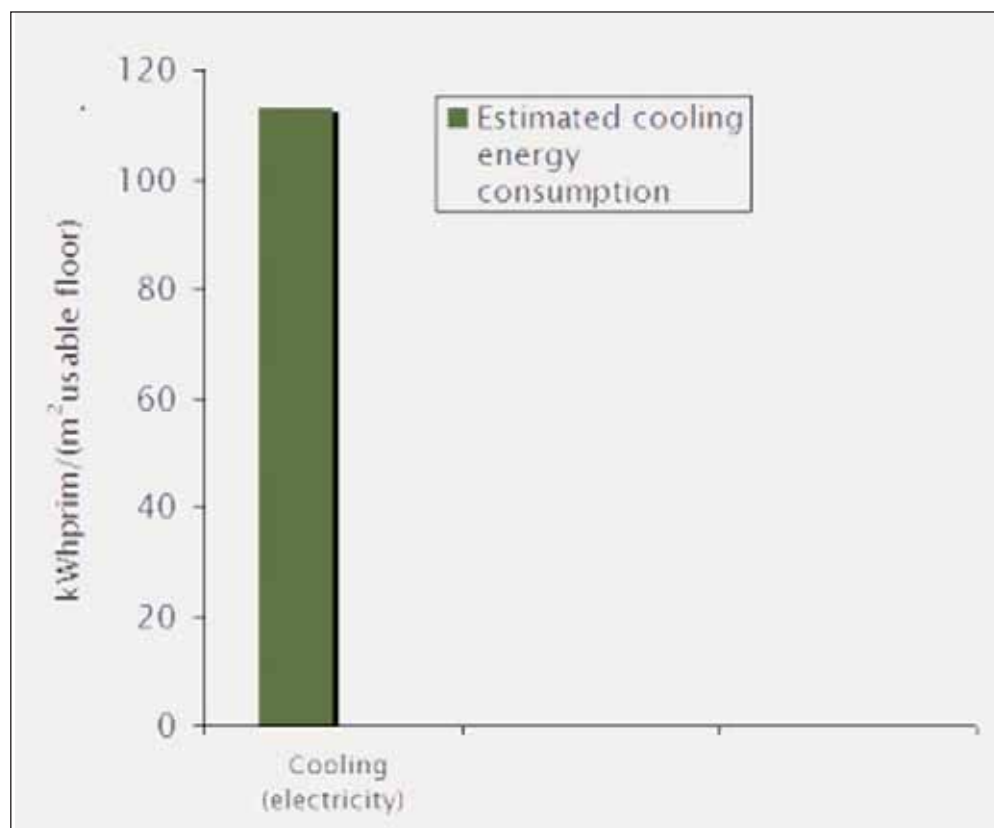
La capacità termica della pietra stabilizza le condizioni all'interno dell'edificio mentre frangisole in legno sulle finestre principali impediscono i guadagni termici solari.

## Rendimento energetico

Tutte le conversioni da energia fornita in energia primaria sono state fatte secondo lo Standard tedesco DIN V 18599-1:2005-07.

Viene considerata solo la parte di energia non rinnovabile.

- Elettricità: 2,7
- Consumo di energia di raffreddamento stimato: 113 kWh/m<sup>2</sup>/anno



Istogramma energia primaria consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.

## LICEO – ST CLÉMENT DE RIVIÈRE, FRANCIA

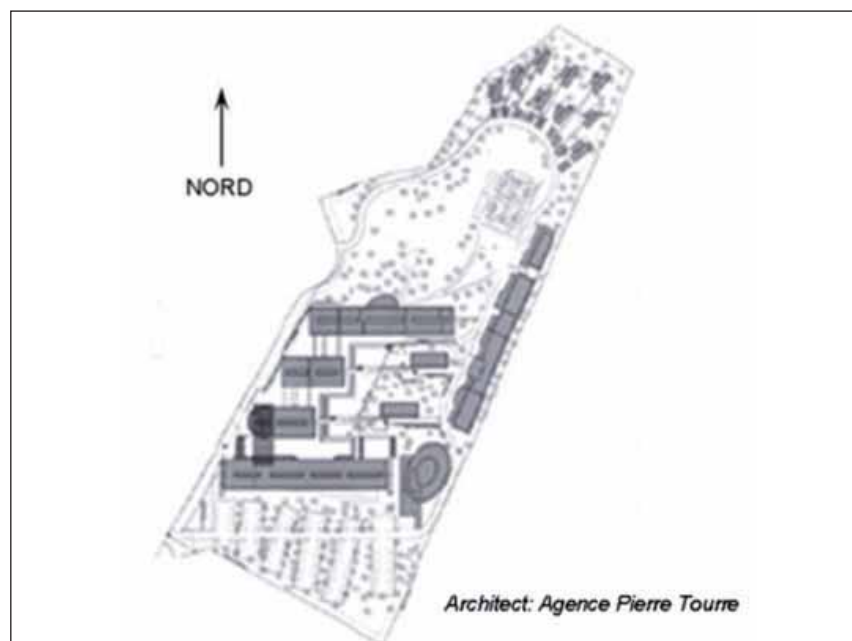
<b>Nome</b>	Lycée du Pic Saint-Loup
<b>Proprietario</b>	Région Languedoc-Roussillon
<b>Paese</b>	Francia
<b>Città</b>	St-Clément de Rivière
<b>Indirizzo</b>	34980 St-Clément de Rivière Avenue Saint Sauveur
<b>Occupanti dell'edificio</b>	Lycée du Pic Saint-Loup
<b>Uso primario</b>	scuola
<b>Uso secondario dell'edificio</b>	ostello per studenti
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	8.00 -18.00 lun – ven
<b>Progettisti</b>	Agence Pierre Tourre, ARCHIGRAPES – architecte associé
<b>Ingegneri</b>	TRIBU, MALIVER (impianti), DELORME (strutture), BETSO (fluidi), HYDRAP (paesaggista)
<b>Appaltatori</b>	Connes T.P., Eiffage, Per Ingenierie, Best Mel- chers, A.G. Ingenierie, Yilbat, T.P.R.C., Platre Du Languedoc, D. Delor, Ducros S.N., C.F.M., Struc- tures Bois, E.G.H., Carrillo, Socamo, Cardonnet, Norba, Sarl Alvarez Freres, Cortina, Rigaud, Bati- lift, Javel, Apex B.P. Solar, Techni Labo, Tunzini, Thermi Automation, De Luca, D. Delor
<b>Produttori di tecnologie di risparmio ener- getico</b>	Guillot, Edmonds, Wiessmann
<b>Sorgenti di energia</b>	gas naturale, elettricità, pannelli solari/foto- voltaici
<b>Anno di completamento</b>	2003

### Tecnologia costruttiva

L'architetto, Pierre Tourre, ha cercato di fare meno modifiche possibili al sito esistente. L'edificio appare come:

*“una crescita nel terreno, un rilievo, una struttura fatta dall'uomo – questa è l'idea originale: terrazze che si appoggiano sui muri in pietra”.*

Gli edifici della scuola superiore si appoggiano su un'ampia base in pietra che traccia le forme del rilievo naturale, sono perpendicolari alle curve di livello del sito, intorno ad un cortile e connessi da percorsi pedonali.



Planimetria generale.



Vista dell'ingresso.



Vista del cortile.



Vista del corridoio.



Le aule hanno ampie aperture orientate a nord e sud. Gli edifici che ospitano le classi hanno un involucro edilizio in pietra naturale e supportano un livello superiore con struttura in cemento armato.

ELEMENTO COSTRUTTIVO	VALORE DI TRASMITTANZA TERMICA (W/m²K)
Tamponamento esterno	0,39
Copertura	0,27
Infissi con profili in alluminio	2,40

RAPPORTO DI VETRATURA PER OGNI ORIENTAMENTO	
nord	41%
sud	39%
est	12%
ovest	7%



Vista del cortile.

## Sistemi tecnologici

Il riscaldamento dell'edificio è alimentato da gas naturale.

Le aule sono naturalmente ventilate: aria fresca entra nella parte inferiore del solaio del primo piano e viene condotta attraverso il doppio solaio prima di entrare nelle classi.

D'inverno l'aria fresca viene pre-riscaldata nel doppio solaio. D'estate l'aria fresca viene prelevata dalle parti all'ombra dell'edificio e viene ulteriormente raffrescata dalla sua circolazione all'interno del solaio doppio.

La ventilazione naturale viene assistita dai camini d'estrazione installati sulla copertura.

## Controllo solare

Le aule si affacciano a nord e sud.

## Illuminazione

Le aule orientate a nord non hanno protezione solare e sono uniformemente illuminate da luce diffusa.

Quelle orientate a sud, invece, sono protette dal sole diretto, grazie ad un solaio sporgente, e da un dispositivo schermante metallico, chiamato "mensola di luce" che riflette la luce diretta sul soffitto bianco della classe che, a sua volta, la diffonde uniformemente.

Le classi sono illuminate anche dalle strette finestre superiori, vicino al soffitto, fra il corridoio ad illuminazione naturale e la classe stessa.



Architect: Agence Pierre Tourné

Mensola di luce.



Architect: Agence Pierre Tourné

Mensola di luce su finestra a sud.

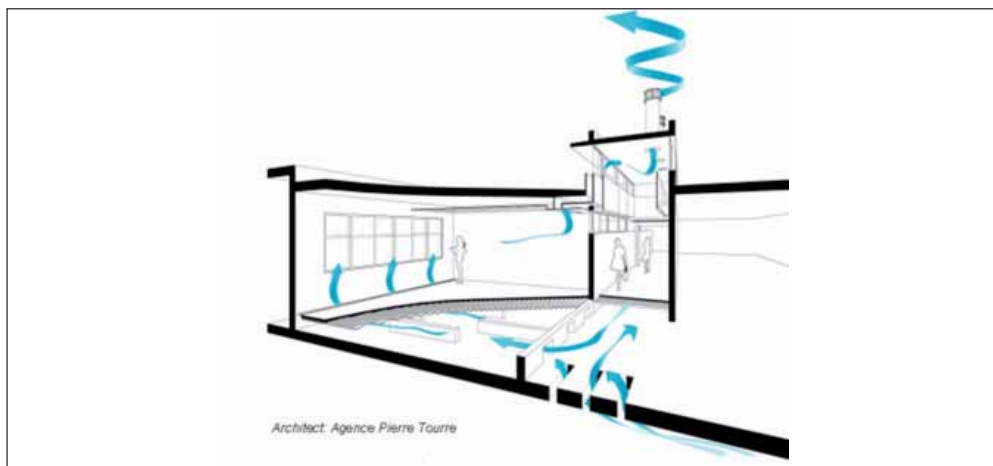


Luminanza.

### Ventilazione

Le classi della scuola hanno una ventilazione di tipo naturale: l'aria fresca viene prelevata da una zona ombreggiata sotto il solaio del primo piano, entra e circola nel solaio ad intercapedine d'aria e viene poi introdotta nelle classi attraverso griglie metalliche. La classe viene ventilata dal flusso dell'aria che si riscalda e sale verso i camini di estrazione. Una valvola facilita il controllo del flusso d'aria, mentre un piccolo ventilatore, messo in funzione da una turbina a vento, (entrambi installati nella parte superiore del camino), intensifica il flusso d'aria nel caso di vento da qualsiasi direzione.

In tal modo la temperatura estiva delle classi rimane di circa 3-6 °C più bassa della temperatura esterna.



Sistema di ventilazione naturale.



Architect: Agence Pierre Tourre

Vista della facciata.

### Materiali

La struttura portante dell'edificio è in cemento armato. Diverse finiture rivestono le facciate, in particolare pietra, legno, cemento.

Gli edifici hanno ampie superfici vetrate orientate a nord e sud.

### Energie rinnovabili

Il tetto schermante all'ingresso della scuola è coperto da una serie di pannelli solari fotovoltaici connessi alla rete.

### Rendimento energetico

Tutte le conversioni da energia fornita in energia primaria sono state fatte secondo lo Standard tedesco DIN V 18599-1:2005-07. Viene considerata solo la parte di energia non rinnovabile.

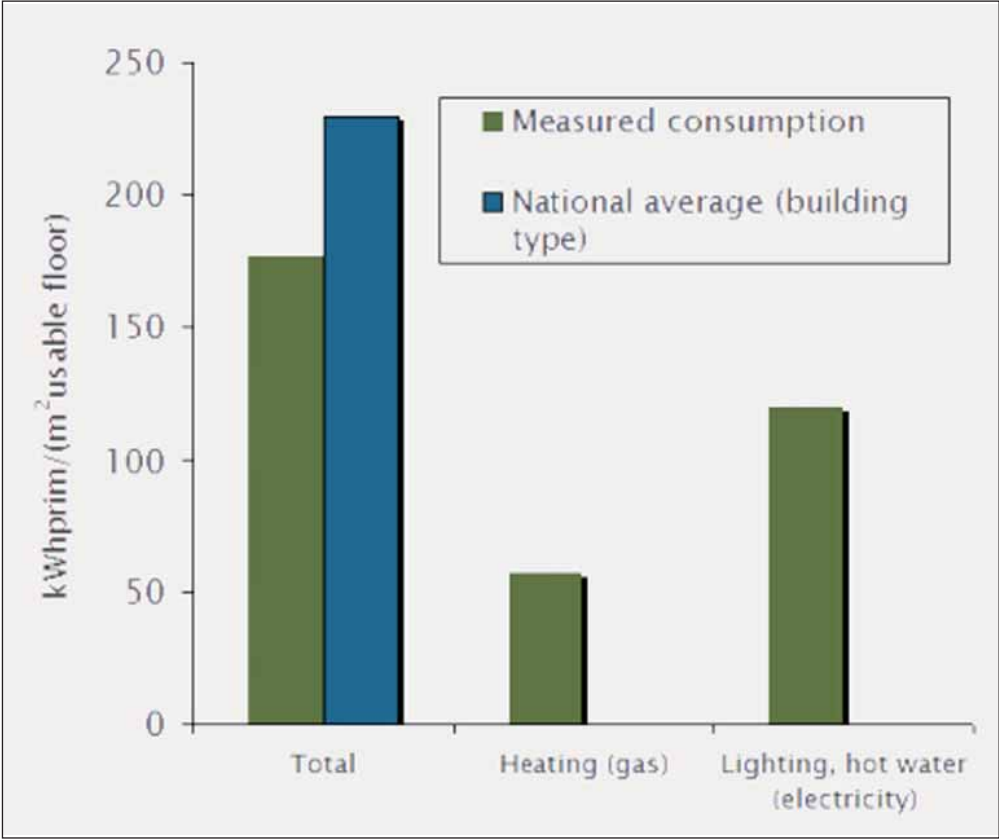


Architect: Agence Pierre Tourre

Pannelli solari.

- Elettricità: 2,7
- Gas: 1,1
- Riscaldamento: 51,6 kWh/m<sup>2</sup>/anno - gas (57 kWh/m<sup>2</sup>/anno in energia primaria).
- Acqua calda ed illuminazione: 44,6 kWh/m<sup>2</sup>/anno - elettricità (120 kWh/m<sup>2</sup>/anno in energia primaria)

La media nazionale di consumo energia totale è di 230 kWh/m<sup>2</sup>/anno.<sup>3</sup>



Istogramma energia primaria consumata per m² di superficie utile. Fonte: EULEB.

<sup>3</sup> Fonte: <http://www-cenerg.ensmp.fr/francais/index.html>



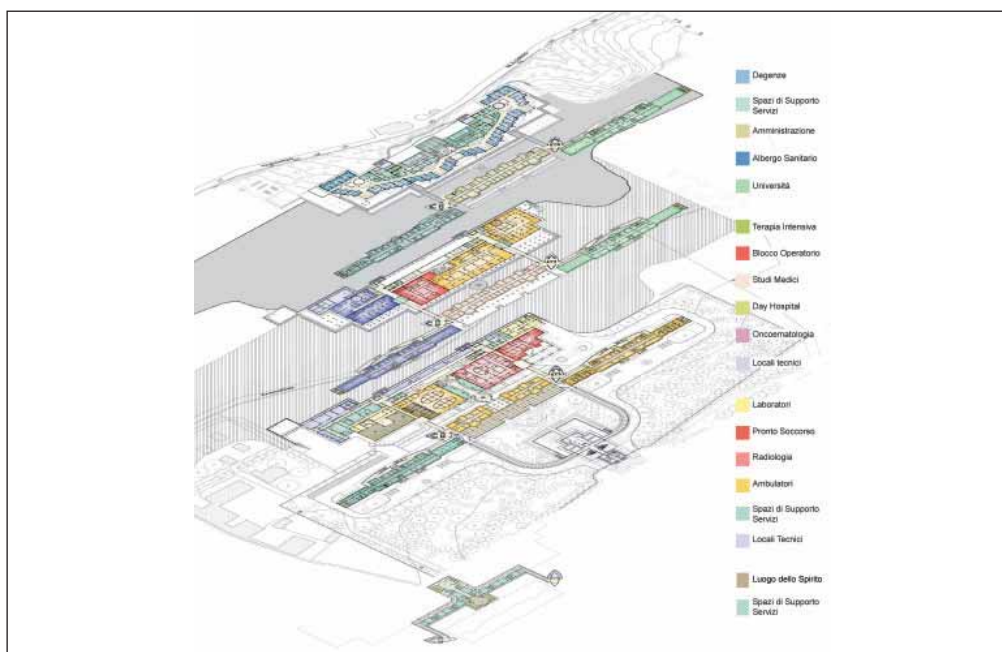
## OSPEDALE A. MEYER – FIRENZE

<b>Proprietario</b>	Azienda Ospedaliera Meyer
<b>Paese</b>	Italia
<b>Città</b>	Firenze
<b>Indirizzo</b>	viale Pieraccini, 24 - Careggi
<b>Occupanti dell'edificio</b>	200 posti letto di cui 50 di day hospital, 7 sale operatorie, 9 sale diagnostiche
<b>Uso primario</b>	Ospedale Pediatrico di Alta Specializzazione Funzione originale: Padiglione per pazienti tubercolotici
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	365 gg/anno – 24h/24h
<b>Progettisti</b>	Studio Cspe-Anshen Dyer – Studio Chiarugi
<b>Ingegneri</b>	A61 Ingegneri Associati - CMZ – Studio Lombardini Engineering
<b>Appaltatori</b>	primo lotto (padiglione centrale e piattaforma tecnologica): Grassetto e Gemmo secondo lotto (parti laterali e serra): Cogepa parcheggio: Montinaro
<b>Sorgenti di energia</b>	condotti di luce serra strategie di illuminazione massa termica sistema fotovoltaico ventilazione naturale
<b>Anno di completamento</b>	2006



Planimetrie generali dell'area.





Planimetria dei vari piani con indicazione delle funzioni d'uso dei vari ambienti.

DATI GENERALI	
Superficie totale generale	32.671 m <sup>2</sup>
Superficie vetrata complessiva	4.800 m <sup>2</sup>
Cavi elettrici	18.000 km
Pavimentazione	15.000 m <sup>2</sup>
Copertura in rame	800 m <sup>2</sup>
Rivestimenti atossici	3.700 m <sup>2</sup>
Alberi da collocare dentro l'ospedale	2 Querce da sughero
Alberi del parcheggio	108
Numero di "Solar-Tubes"	46
Numero "cappelli di Pinocchio"	103

### Risparmio energetico e contenimento delle emissioni atmosferiche

Il Nuovo Meyer, l'ospedale pediatrico costruito nel complesso di Villa Ognissanti (Careggi), ai piedi delle colline fiorentine, osserva tutti i canoni della compatibilità ambientale. Sia per il recupero di Villa Ognissanti (l'edificio preesistente destinato ad accogliere gli studi medici e gli uffici dell'ospedale), sia per la realizzazione ex novo del padiglione che ospiterà le degenze e le sale specialistiche, sono state adottate soluzioni eco-compatibili.

La ristrutturazione edilizia del vecchio corpo è un progetto pilota del programma di ricerca REVIVAL (Retrofitting for Environmental Viability Improvement of Valued Architectural Landmarks), mentre l'ampliamento è compreso nel progetto HOSPITALS (Exemplar Energy Conscious European Hospital and Healthcare buildings), entrambi finanziati dalla Comunità Europea.

Il nuovo complesso dell'Azienda Ospedaliero-Universitaria Meyer risponde a una serie di parametri:

- contenimento delle emissioni atmosferiche;
- protezione dal surriscaldamento estivo;
- ventilazione e qualità dell'aria;
- contenimento dell'uso del condizionamento;
- migliore utilizzazione della luce naturale.

### Villa Ognissanti

L'intervento bioclimatico, coordinato dal Centro Interuniversitario Abita dell'Università di Firenze (prof. Marco Sala, arch. Paola Gallo), in collaborazione con l'Azienda Ospedaliero-Universitaria Meyer, lo studio CSPE, progettista di tutta l'opera, e lo studio CMZ, per l'impiantistica, è stato selezionato dalla Commissione Europea nell'ambito del progetto dimostrativo REVIVAL con un finanziamento di 397.034,00 euro.



La facciata sud di Villa Ognissanti.

L'obiettivo di REVIVAL è quello di ristrutturare gli edifici adibiti a uffici e terziario, migliorandoli sotto il profilo energetico e favorendo la riduzione delle emissioni inquinanti, a costi accessibili.

Il progetto prevede il recupero di otto edifici in Europa che hanno alcuni elementi comuni: lo scarso isolamento termico, impianti inefficienti e una struttura degradata.

Le soluzioni innovative introdotte a Villa Ognissanti sono:

- tetto ventilato;
- infissi con ombreggiamento;
- griglie per favorire la naturale ventilazione notturna in estate;
- utilizzo di sistemi tecnologici per la regolazione della luce artificiale interna;
- impiantistica tecnologicamente avanzata per il risparmio energetico.

Con questo progetto è previsto un risparmio energetico di circa il 45% sui consumi totali.

L'applicazione delle misure proposte consente di avere emissione di CO<sub>2</sub> ridotte del 55% per il riscaldamento, 45% per il raffreddamento e del 40% per l'illuminazione.

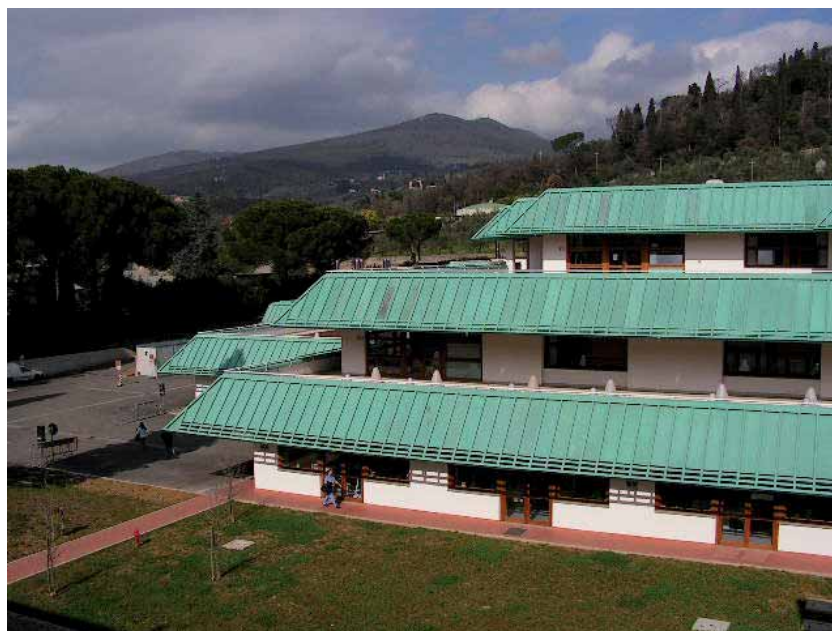
Le spese aggiuntive (extracosto) per realizzare queste prestazioni possono incidere dal 10 al 20% delle specifiche voci corrispondenti per un edificio "normale", ma si prevede che queste spese possano essere recuperate in un periodo di 7-11 anni. Nel frattempo anche il comfort per i piccoli degenti è superiore e più "sano".

### Il Nuovo Padiglione

Il Meyer ha beneficiato del finanziamento di 568.172,00 euro della Comunità Europea per il progetto HOSPITALS: finanziamento stanziato per la costruzione ex-novo del padiglione che ospita le degenze, le sale operatorie, gli ambulatori, i day hospital e day surgery. Il nuovo padiglione è una struttura concepita osservando i canoni della compatibilità ambientale e del risparmio energetico.

Tra le soluzioni individuate, da segnalare la serra bioclimatica-fotovoltaica che ha la funzione di spazio di ingresso e di accoglienza dell'Ospedale, il miglioramento dell'isolamento dell'intero edificio, l'introduzione di sistemi di controllo e gestione dell'illuminazione artificiale e la posa del verde sul tetto e sui terrazzi della struttura. Soluzione quest'ultima che permette di mantenere, all'interno dell'edificio, una temperatura fresca anche nelle estati più calde.

Anche il Ministero dell'Ambiente ha selezionato il Nuovo Meyer come esempio di applicazione di energie rinnovabili, infatti il progetto dell'inserimento del fotovoltaico nella grande serra di ingresso è arrivato primo (con un cofinanziamento dell'85%) nel bando per la "Integrazione architettonica del fotovoltaico" nelle nuove costruzioni. Anche questi due interventi sono stati coordinati dal Centro ABITA (prof. Marco Sala, arch. Lucia Ceccherini Nelli, ing. Giuseppina Alcamo).



Il nuovo Padiglione.

Strategie per il risparmio energetico adottate:

1. miglioramento dell'isolamento termico dell'involucro edilizio;
2. infissi e pannelli vetrati di alta qualità e prestazione;
3. sistemi di controllo e gestione dell'illuminazione naturale e artificiale e della ventilazione naturale e artificiale;
4. lucernari;
5. elementi di illuminazione naturale dall'alto (sun-pipes) e piramidi trasparenti;
6. serra (spazio tampone) a nord;
7. coperture piane a giardino (tetti verdi);
8. pavimenti radianti;
9. caldaie a condensazione;
10. BMS: sistemi di controllo della qualità e del comfort ambientale.

Gli interventi consentiranno un risparmio di circa il 50% di energia per il riscaldamento, il 75% per il raffreddamento, circa 80% per i consumi elettrici; CO<sub>2</sub> evitate. L'extracosto è circa il 40% rispetto ad un ospedale concepito in maniera tradizionale. Anche in questo caso si prevede un recupero sul medio periodo, al termine del quale il guadagno è duplice: finanziario e ambientale.

### La ristrutturazione

L'ospedale Meyer, fondato nel 1884, è il più vecchio ospedale pediatrico del Paese. Villa Ognissanti è un complesso di diversi edifici, posti all'interno di un parco, prevalentemente destinati ad uffici, tre padiglioni ad Est, e Ovest e un'ala centrale consistente di un corpo a tre piani.

## Obiettivi della ristrutturazione

L'obiettivo principale della ristrutturazione dell'ospedale era ridurre i consumi energetici dell'edificio e migliorare il comfort termico degli ambienti interni.

Il design ha mirato ad integrare ed ottimizzare energia, ecologia e sostenibilità per ottenere una buona efficienza energetica degli edifici.

La tecnologia costruttiva ha massimizzato le performance di isolamento termico delle murature e coperture esterne. I pannelli isolanti sono prodotti con materiali naturali che non contengono additivi chimici. Le parti finestrate e le porte sono altamente isolanti, per ridurre al minimo le dispersioni con l'esterno e tra gli ambienti.

## Controllo solare

Le finestre sono realizzate con doppi vetri con filtro UV applicato per ridurre l'effetto di abbagliamento sui piani di lavoro degli uffici. Oltre al film, come sistema di schermatura, sono state utilizzate delle veneziane esterne mobili.

## Riscaldamento e condizionamento

È stato installato un nuovo sistema con 2 boiler a condensazione, uno ad alta efficienza con 2 sistemi di raffreddamento elettrici, ed uno per l'acqua calda. L'ingresso principale alla palazzina centrale è realizzato con una grande serra integrata con fotovoltaico da 31 kWp. La serra consente di ridurre al minimo le perdite di riscaldamento nei mesi invernali e contribuire al fabbisogno termico con apporti solari gratuiti.

## Ventilazione naturale

La ventilazione naturale è dominante rispetto alla ventilazione meccanica. Un nuovissimo sistema di trattamento dell'aria è stato adottato per questo ospedale. Il sistema garantisce un'aria deumidificata e climatizzata a 22 °C.

## Innovazione tecnologica

Le finestre sono di tipo intelligente, dotate di un sistema di griglie attivate manualmente. Le veneziane inserite nelle finestre consentono la ventilazione trasversale e un buon ombreggiamento interno.

Tecnologia costruttiva del nuovo ampliamento.

Le tecnologie innovative utilizzate nell'Ospedale Pediatrico Meyer sono le seguenti:

- condotti solari e camini di luce:  
l'utilizzo ottimale dell'illuminazione naturale all'interno dell'ospedale avrà un impatto positivo non solo sul risparmio energetico ma anche sul benessere degli utenti (pazienti e personale);
- copertura a verde:  
la copertura a verde ha un ruolo importante in questo progetto. L'idea di partenza per cui l'ospedale va considerato un luogo in cui l'aspetto psico-



logico è fondamentale sia per i pazienti che per i loro familiari, si è basata sulla realizzazione di terrazzamenti verdi in copertura, realizzati come dei giardini praticabili che si affacciano sulle colline e sull'area verde del parco circostante.

- serra sulla facciata nord:  
questo spazio viene utilizzato come hall durante i giorni piovosi e durante la stagione invernale; il suo orientamento e la forma contribuiranno (durante la stagione invernale) ad accrescere l'apporto di calore gratuito dovuto alla radiazione solare. In estate il problema del surriscaldamento viene risolto attraverso la possibilità di apertura di alcune parti vetrate della serra.



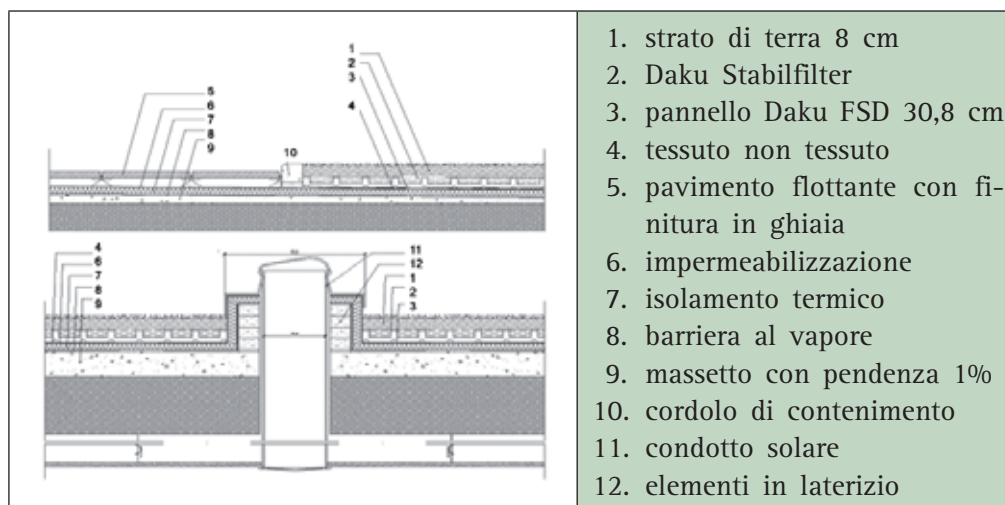
I condotti solari: le cupole sul tetto verde e i diffusori di luce all'interno dell'edificio.



La serra.



- isolamento termico ottimale nelle murature esterne:  
sono stati condotti studi attraverso simulazioni energetiche per verificare il miglior livello di isolamento da utilizzare con la tipologia di muratura a cassetta;
- il materiale isolante utilizzato per la coibentazione del primo e secondo piano proviene da materiali riciclati;
- sistema di riscaldamento a pavimento radiante:  
questa tipologia di riscaldamento è stata scelta per ottenere le migliori e più uniformi condizioni di temperatura all'interno delle camere di degenza;
- caldaie Comby a condensazione:  
utilizzate per ottenere la massima efficienza del sistema di riscaldamento dell'acqua;
- dispositivi di schermatura esterni:  
adottati per un maggior controllo dell'illuminazione naturale nelle hall e nelle camere di degenza;
- copertura verde e condotti di luce.



Particolare tecnologico del tetto verde.

## Isolamento

L'edificio deve garantire le condizioni ottimali di benessere termico in relazione alle attività che vengono svolte al suo interno.

Per ottimizzare il comportamento termico è necessario prestare attenzione alla riduzione delle dispersioni termiche. Le dispersioni termiche per trasmissione vengono considerate in termini di flusso di calore attraverso l'involucro edilizio considerando la quantità di energia dispersa attraverso l'involucro stesso, per unità di tempo. Questo valore dipende principalmente dalla differenza di temperatura tra la superficie interna ed esterna dell'involucro e dalla resistenza termica dei materiali utilizzati. Le dispersioni di calore avvengono sotto forma di perdite per conduzione, convezione ed irraggiamento.

Una delle soluzioni per ovviare al problema è quella di cercare di raggiungere un elevato valore di resistenza termica attraverso un buon livello di isolamento. Il locale degenza tipo realizzato per l'ospedale pediatrico Meyer, è caratterizzato da un elemento verticale di tamponamento del tipo "a cassetta", con interposto uno strato di materiale isolante dello spessore di 6 cm. La muratura raggiunge un valore di trasmittanza termica pari a  $0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valore notevolmente basso se paragonato con quello di una muratura tradizionale con soli 2 cm di isolamento ( $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

L'utilizzo di un ottimale isolamento termico in superfici direttamente esposte alle condizioni atmosferiche esterne (in questo caso  $19 \text{ m}^2$  di superficie per la camera di degenza tipo) contribuisce notevolmente alla riduzione dei consumi energetici annuali per il riscaldamento, con una percentuale di risparmio energetico pari al 12%.

### Copertura a verde

Per ridurre il più possibile le dispersioni termiche è necessario prestare attenzione all'isolamento di tutto l'involucro e non solo degli elementi verticali. L'utilizzo di una copertura a verde permette di diminuire le dispersioni attraverso la copertura e riduce inoltre l'impatto visivo dell'edificio sull'ambiente circostante.

Tra i molteplici benefici indichiamo:

- riduzione dell'impatto visivo dell'edificio nell'ambiente circostante;
- riduzione della differenza di temperatura tra superficie esterna ed interna della copertura, grazie all'effetto dei processi di assorbimento della radiazione solare e di evaporazione, dovuti alla presenza del manto erboso;
- riduzione delle perdite per trasmissione.

La copertura a verde realizzata all'Ospedale Meyer è caratterizzata da un valore di trasmittanza termica pari a  $0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$  contro  $1,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  della tipologia di copertura tradizionale.

La soluzione adottata per l'involucro dell'intero edificio (incremento dell'isolamento in muratura e installazione di copertura a verde) comporta una riduzione del fabbisogno energetico annuale pari al 36% per ogni camera di degenza.

### Controllo solare

#### Finestre e schermature

Le finestre utilizzate sono caratterizzate da profili in legno.

Le camere di degenza sono riparate dalla radiazione solare diretta, attraverso una struttura aggettante con il rivestimento superiore in rame pre-ossidato, di colore verde, e con la parte inferiore rivestita in legno. In questo modo si ottiene una perfetta integrazione nel contesto circostante del parco ed una riduzione dell'impatto visivo.

Il sistema di schermatura adottato nella serra è costituito da tende interne bianche, il cui movimento è controllato attraverso un sistema di controllo automatizzato. Le tende riproducono un sistema di vele.

### Condotti di luce e camini solari

Condotti di luce e camini solari sono stati utilizzati per incrementare la quantità di illuminazione naturale all'interno dei corridoi delle camere di degenza.

Questi dispositivi permettono un maggior livello di illuminazione naturale, ma, soprattutto, hanno un impatto positivo sul benessere psicologico dei pazienti, facendoli sentire in un ambiente più confortevole rispetto a quello di un ospedale tradizionale. L'utilizzo dei condotti di luce permette una diminuzione dei consumi dovuti all'utilizzo di apparecchi luminosi nei corridoi, durante la prima parte

della giornata, determinando, inoltre, un corretto livello di illuminazione all'interno delle camere di degenza.

L'uso di questi dispositivi permette di stimare un risparmio energetico sui consumi per l'illuminazione di circa il 60%, valore comunque variabile in rapporto all'efficienza dell'attività svolta dal Responsabile Energia e al comportamento dei singoli utenti (più o meno sensibili alle tematiche di risparmio energetico).

Ogni camera è caratterizzata da due ampie finestre: una che si affaccia sull'esterno ed una rivolta verso il corridoio interno e può ospitare due pazienti. L'effetto prodotto dai condotti di luce a prima vista appare "innaturale", simile a quello dovuto ad una lampada.

La loro efficienza non è strettamente dipendente dalle condizioni climatiche;

infatti, servendosi anche della radiazione luminosa diffusa, si ottengono buoni risultati anche in condizioni di cielo coperto.

La combinazione di condotti di luce e camini solari determina un buon livello di illuminazione nei corridoi.

In condizioni di cielo coperto, si ottiene un valore di Fattore di Luce Diurna<sup>4</sup> pari a 2,5% nei corridoi e un valore pari a 1,5% nelle parti prive di finestre



L'illuminazione dei corridoi.

<sup>4</sup> Specifichiamo che per il calcolo del Fattore di Luce Diurna è necessario considerare una condizione di cielo coperto, situazione estremamente rara nell'area climatica in oggetto.

verso l'esterno; ciò indica che in diverse zone non sarà necessario accendere le luci durante la prima parte della giornata.

Tutte le lampade installate sono ad alta efficienza e a basso consumo energetico, con un fabbisogno annuale per corrente elettrica pari a 12,3 kWh/m<sup>2</sup>. Paragonando questo progetto con un caso tradizionale, che non prevede l'applicazione di dispositivi a basso consumo energetico, si deduce che si arriva ad una percentuale di risparmio energetico pari al 35%.

Infatti, per effettuare l'attività di monitoraggio con queste specifiche condizioni climatiche si è dovuto aspettare un periodo di tempo abbastanza lungo.

### Riscaldamento

Per la climatizzazione degli ambienti vengono utilizzate pompe di calore. Questo dispositivo di climatizzazione è estremamente vantaggioso e adatto nei casi in cui si debba garantire la climatizzazione degli ambienti durante tutto l'arco dell'anno (riscaldamento e raffrescamento).

Il sistema di riscaldamento prescelto è quello a pavimento radiante in tutte quelle camere di degenza dove si vuole ottenere il massimo livello di comfort e, contemporaneamente, bassi costi per i consumi energetici.

Per soddisfare il fabbisogno energetico per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria sono state predisposte due caldaie a condensazione con un coefficiente di efficienza pari al 106%.

Le caldaie non sono elettriche ma alimentate a gas.

Per sicurezza il sistema di riscaldamento prevede anche la presenza di una terza caldaia (non a condensazione) da utilizzarsi solo in caso di necessità.

### Raffrescamento

Per soddisfare il fabbisogno energetico necessario al raffrescamento estivo sono state predisposte due macchine frigorifere elettriche, oltre ad una terza del tipo acqua/acqua. Il calore prodotto dal funzionamento di quest'ultima viene impiegato per il riscaldamento dell'acqua calda sanitaria.

All'interno dell'ospedale sono presenti due ulteriori pompe di calore per i casi di emergenza (ad esempio se ci fossero problemi sulla rete di alimentazione gas) che, se necessario, vengono utilizzate anche nel periodo estivo.

Una valvola termostatica all'interno delle camere di degenza ha il compito di monitorare il livello di temperatura interna: quando supera i 27 °C il sistema di raffrescamento entra automaticamente in funzione.

Il sistema di regolazione automatizzato degli impianti permette che i valori di temperatura, velocità dell'aria e umidità relativa all'interno dell'edificio vengano costantemente controllati.

Il monitoraggio del livello di abbagliamento e del valore di attività metabolica prevista (dipendente dall'attività svolta) determinano il valore di PPD (percentuale prevista di insoddisfatti). Tale valore indica la percentuale di occupanti che pro-

vano una condizione di disagio nell'ambiente considerato: per il caso in esame (stanza di degenza) si è prevista una percentuale di insoddisfatti inferiore al 6%.

## Ventilazione

La ventilazione nell'ospedale è garantita da aperture posizionate nelle parti alte e basse dell'edificio, prive di un controllo automatizzato.

Una combinazione tra i dispositivi di oscuramento ed i sistemi di ventilazione permette che la temperatura interna non superi più di 10 °C quella esterna. Per ottenere una diminuzione dei consumi energetici per raffrescamento sono state adottate tecniche per favorire la ventilazione naturale in modo tale da utilizzare il meno possibile, e solo se necessario, l'impianto di raffrescamento. La serra svolge la funzione di spazio cuscinetto per l'intero edificio. L'aria riscaldata viene utilizzata per creare un flusso d'aria naturale che attraversa l'edificio.

Degli alberi sono stati disposti attorno all'ospedale e (come descritto nella scheda precedente) parte della copertura è coperta da un manto erboso. Il processo di evapo-traspirazione che va ad innescarsi provvede a raffrescare il microclima. Inoltre un sistema di regolazione automatizzato provvede ad adottare la giusta strategia (raffrescamento) in caso di necessità.

## Materiali

Di seguito si elencano gli elementi ed i materiali innovativi utilizzati per l'Ospedale Pediatrico Meyer:

- copertura a verde: DAKU;
- serra sul lato nord con funzione di zona filtro;
- pacchetto murario ad elevata resistenza termica;
- integrazione tra luce naturale ed illuminazione artificiale:  
condotti di luce: Solar PIPES SISTEMI COVER s.r.l.;  
lampade: OSRAM SpA;  
camini solari: ARCHITAL s.r.l.
- sistema di climatizzazione:  
collettori solari: Rotex GmbH Caldaie: VIESSMANN S.r.l.;  
pompe di calore: CLIMAVENETA s.p.a.;  
condizionatori: TRANE ITALIA s.p.a.;  
BEMS: sistema di regolazione automatico delle condizioni termo-igrometriche degli ambienti.
- vetri bassoemissivi e doppi:  
VETRODOMUS s.p.a.;  
Vetreria VITRUM.

Le superfici vetrate utilizzate per la serra sono caratterizzate da un valore di trasmittanza estremamente basso pari a 0,78 W/m<sup>2</sup>K; questa tipologia di vetro riduce le dispersioni termiche e l'eccessivo surriscaldamento dell'ambiente stesso.



I materiali per l'isolamento termico utilizzati al primo e secondo piano dell'edificio sono materiali riciclati.

### Energie rinnovabili

La serra dell'ospedale pediatrico Meyer è orientata a sud ed è caratterizzata dalla presenza di un sistema di pannelli fotovoltaici nella parte alta.

La sua peculiarità non è dovuta unicamente alla singolare struttura - realizzata tramite elementi curvilinei in legno, quasi a rappresentare un loggiato di ingresso all'ospedale - ma soprattutto alla funzione svolta da questo spazio.

L'obiettivo progettuale era quello di ottenere un ambiente costruito nel rispetto dell'aspetto energetico ed ambientale ma anche studiato in relazione al suo impatto sociale. L'area in oggetto ha il ruolo di accogliente e confortevole luogo



La serra.

di socializzazione, perfettamente integrato nel parco circostante; area da utilizzare per attività da svolgersi non completamente all'interno dell'ospedale, senza consumi energetici aggiuntivi per la climatizzazione. La perfetta integrazione architettonica dei pannelli sulla facciata della serra permette di combinare la funzione di "produzione energetica" con quella di protezione e schermatura dalla radiazione solare diretta e, quando necessario, di accumulo termico in un ambiente "filtro". Il risparmio economico che si ottiene dalla combinazione di queste funzioni è notevole: la spesa dei pannelli fotovoltaici è equiparabile a quella di un rivestimento di facciata altamente tecnologico che però non contribuisce alla produzione di energia.

Non è stata necessaria una struttura di sostegno aggiuntiva per l'impianto (grazie alla sua integrazione architettonica) e la possibilità di produrre energia in loco favorisce la riduzione di dispersioni termiche per trasmissione e distribuzione riducendo, inoltre, i costi di manutenzione.

L'impianto fotovoltaico produce 30 kWp ed è a moduli fotovoltaici vetro/vetro.

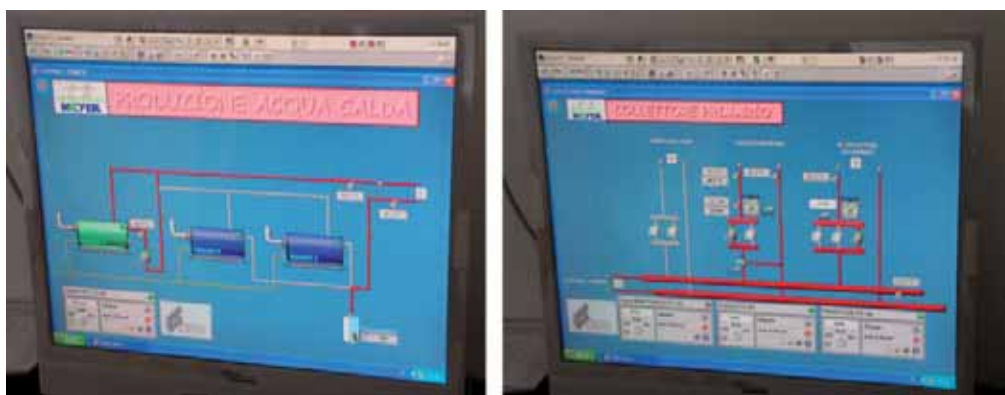
### Co-generazione

L'impianto di co-generazione è costituito da una turbina a gas della potenza elettrica di 7,5 Mwe (ISO), per consentire l'utilizzo dell'energia auto-prodotta nel

complesso ospedaliero. Sulla base di questo progetto, l'azienda ospedaliera di Careggi potrà contare su uno sconto annuale della spesa storica per manutenzioni varie, energia elettrica e combustibili. Il rendimento elettrico della turbina su base annua – calcolato come rapporto tra l'energia elettrica prodotta e l'energia immessa con il combustibile per il funzionamento della turbina (alimentata a gas naturale) – è pari al 29,9%.

Il rendimento termico della turbina su base annua – calcolato come raffronto fra l'energia termica prodotta e utilizzata e quella termica complessivamente immessa dalla combustione del metano – è pari al 40,5%.

Sulla base dei valori ponderati è inoltre possibile definire il rendimento complessivo rispetto all'energia termica immessa, che è pari al 70,4%. Il risparmio energetico conseguibile su base annua in termini di energia equivalente in Tep (Tonnellate equivalenti petrolio) risulta pari a circa 4.400 Tep.



Il sistema di monitoraggio degli impianti.

### Rendimento energetico

L'obiettivo progettuale era quello di ottenere una riduzione dei consumi energetici del 40%. I risultati sono stati ottenuti attraverso attività di simulazione e monitoraggio. I consumi presi in esame sono:

#### Illuminazione

L'aumento dell'illuminazione naturale attraverso condotti solari e camini di luce ha permesso di raggiungere un livello elevato di illuminazione all'interno degli ambienti. Inoltre tutte le lampade utilizzate sono a basso consumo ed alta efficienza. In conclusione se ne deduce un fabbisogno energetico annuo pari a 12,3 kWh/m<sup>2</sup>. Se compariamo questo risultato con quello relativo ad un edificio in cui non sono state applicate queste strategie, si deduce che il risparmio energetico è del 35%.

#### Riscaldamento e raffrescamento

Per quanto riguarda la climatizzazione dell'edificio si è verificato che i valori termo-igrometrici ottenuti tramite le simulazioni coincidono con quelli reali.

Grazie al pacchetto murario e alla copertura adottati si ottiene un risparmio energetico per la climatizzazione pari al 35%. Il fabbisogno annuale per il riscaldamento è pari a 73,4 kWh/m<sup>2</sup> mentre quello per il raffrescamento è pari a 87,3 kWh/m<sup>2</sup>.

#### **Produzione ACS (acqua calda sanitaria)**

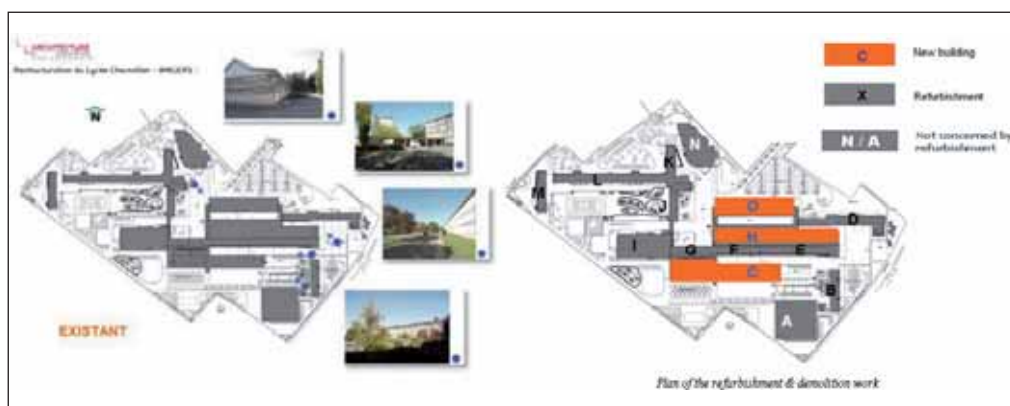
Per la produzione di acqua calda sanitaria si utilizza il calore prodotto dal funzionamento dei 2 condizionatori che d'estate vengono utilizzati per il raffrescamento dell'ospedale. Il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'acqua sanitaria è minore del 13% circa rispetto a quello di un edificio ospedaliero tradizionale.

#### **Impianto di co-generazione**

Non è stato considerato nel rendimento energetico in quanto è ancora da completare.

## LYCÉE CHEVROLLIER, FRANCIA

<b>Paese</b>	Francia
<b>Città</b>	Angers
<b>Indirizzo</b>	2, rue Adrien Recouvreur 49035 Angers cedex
<b>Occupanti dell'edificio</b>	studenti
<b>Uso primario</b>	edificio scolastico
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	lun – sab ore 9.30-15.00 eccetto i periodi estivi
<b>Sorgenti di energia</b>	strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali
<b>Anno di completamento ristrutturazione</b>	2006



Planimetria.

### Localizzazione

La città di Angers è tra Parigi e Nantes, nell'ovest della Francia. Il Lycée Chevroliier, istituto professionale, scientifico e letterario, è stato costruito nel 1959, ospita 2500 studenti e 500 insegnanti. La ristrutturazione è stata realizzata sul 90% mentre il restante 10% dell'edificio originario è stato demolito e ricostruito con un incremento di superficie di 9.384 m<sup>2</sup>.

### Superfici

- prima della ristrutturazione 37.000 m<sup>2</sup>;
- ristrutturazione: 33.000 m<sup>2</sup>;
- demolizione (workshops): 4.000 m<sup>2</sup>;

- nuovi edifici: 9.000 m<sup>2</sup>;
- superficie totale: 42.000 m<sup>2</sup>.

### Obiettivi

- creazione di un sistema di ventilazione naturale e meccanica in grado di soddisfare condizioni di comfort ottimali;
- eliminazione delle aree costruite con amianto;
- rifacimento degli infissi in legno, deteriorati;
- revisione statica delle strutture portanti.



Un'aula durante e dopo i lavori di riqualificazione.



Il corridoio dell'istituto dopo i lavori di riqualificazione.



Il cantiere.



I materiali in fase di demolizione vengono separati.

### Isolamento termico

Per migliorare il comfort termico è stato inserito nella copertura e sulle facciate ovest, nord ed est, l'isolamento termico per ridurre le dispersioni da un K di 3,5 ad un K di 0,233 W/m<sup>2</sup>K e per le murature da K 2,0 a K 0,385 W/m<sup>2</sup>K.

L'isolamento termico è stato applicato all'esterno per aumentare la massa termica ed eliminare i ponti termici presenti nell'edificio.

Sulla facciata sud, l'isolamento è stato posto internamente e sono state sostituite tutte le parti finestrate, diminuendo la conduttività termica di oltre 6 punti fino a 1,9 W/m<sup>2</sup>K.





La facciata durante il montaggio delle schermature solari.

### Controllo radiazione solare

Prima della ristrutturazione la facciata sud era esposta direttamente alla radiazione solare, causando il surriscaldamento delle aule nei giorni assolati. Pertanto è stato studiato e applicato sull'intera facciata un sistema frangisole, che scherma la radiazione solare e al contempo riflette la luce all'interno, evitando fenomeni di abbagliamento e offrendo una facile manutenzione della facciata esterna.

### Illuminazione

Gli apparecchi per l'illuminazione esistenti sono stati sostituiti con apparecchi a basso consumo energetico. Per ridurre i consumi, sono stati utilizzati dei sensori che consentono di ottimizzare i consumi di luce artificiale e graduare l'intensità luminosa secondo le necessità.

### Ventilazione naturale

Una delle priorità della ristrutturazione è stata la ventilazione, poiché i ricambi d'aria con il vecchio sistema erano insufficienti.

Il regolamento edilizio francese limita la dimensione delle finestre nelle scuole, pertanto nella scuola la ventilazione naturale era ridotta al minimo; il nuovo progetto introduce un sistema di ventilazione ibrido, che si differenzia per zone funzionali.

Per le aule, sono stati previsti due tipi di aperture per la ventilazione:

- fisse interne (aperti) 50%;
- motorizzate (apribili quando c'è surriscaldamento dei locali) 50%.



Particolare dei frangisole.

Durante la notte in inverno, i ventilatori principali sono spenti e quelli interni sono sufficienti a ventilare l'edificio, mentre in estate nel periodo notturno, la ventilazione viene massimizzata per il raffrescamento notturno con l'apertura di numerose parti.

L'atrio è stato realizzato per connettere la copertura vetrata del nuovo edificio ed il vecchio edificio ristrutturato. L'area vetrata viene utilizzata con spazio collettivo per gli studenti e come zona filtro per ridurre le dispersioni termiche. L'atrio è ventilato naturalmente attraverso il controllo meccanico delle aperture della copertura BEMS, la ventilazione è garantita, inoltre, da una porta di 24m<sup>2</sup> posta sul fronte Sud. Le aperture, in estate vengono lasciate semi- aperte.

I laboratori sono ventilati con una combinazione di sistemi meccanici e manuali. La ventilazione naturale è garantita attraverso aperture nelle porte di accesso e tramite camini di ventilazione ed è progettata per raffrescare gli ambienti durante le ore notturne.

La ventilazione meccanica è necessaria per consentire di dissipare il calore prodotto dai macchinari utilizzati nei laboratori; il sistema prevede anche l'uso di scambiatori meccanici che consentono di recuperare il calore in uscita dei ricambi di aria.

### Tecnologie rinnovabili

L'impianto fotovoltaico è installato sulla copertura del blocco C orientato verso sud.

### Materiali a basso impatto ambientale

Finiture e materiali, come adesivi, pitture, ecc. sono stati scelti con basse emissioni di VOC; in particolare, sono state evitate le emissioni da materiali come formaldeide, particelle plastiche, laminati e moquette sintetiche.

## DANESHILL HOUSE, STEVENAGE

<b>Paese</b>	United Kingdom
<b>Città</b>	Stevenage
<b>Indirizzo</b>	Danestrete, Stevenage, Hertfordshire SG1 1HN, UK
<b>Occupanti dell'edificio</b>	impiegati
<b>Uso primario</b>	edificio per uffici
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	lun – sab ore 8.00-20.00
<b>Strategie sostenibili</b>	strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali e climatizzazione con i PCM
<b>Anno di completamento ristrutturazione</b>	2006



Gli uffici amministrativi: il blocco originario (a destra) è stato ristrutturato negli anni '80 ed ampliato con l'edificio a (sinistra).

### Situazione precedente alla ristrutturazione

Lo scopo della ristrutturazione del complesso Daneshill House è stato quello di realizzare nuovi edifici per uffici, a servizio dei nuovi quartieri della città. Gli edifici costruiti negli anni '50 sono a 6 piani, con struttura in cemento armato ed infissi in acciaio a vetro singolo. L'edificio è stato ristrutturato nell'80 e la facciata vetrata è stata ulteriormente isolata inserendo un doppio vetro.

La nuova ala è stata realizzata con telaio in calcestruzzo e muratura esterna con elevato isolamento termico, le parti finestrate sono di piccola dimensione, con buon isolamento, doppi vetri e dispositivi di schermatura in vetrocamera.

Il vecchio blocco ha un comportamento energetico molto disperdente e soffre di surriscaldamento nel periodo estivo, nonostante l'inserimento di maggior isolamento nella superficie muraria durante la ristrutturazione.

## Obiettivi del progetto di riqualificazione energetica

L'edificio Daneshill è stato ampliato nel 1985. Nel 2002 il Consiglio direttivo decise di chiudere gli uffici periferici e centralizzare tutto lo staff negli uffici centrali, nella Daneshill House. Per raggiungere questo obiettivo è stato necessario ampliare gli spazi del 20% creando un nuovo, moderno e piacevole spazio di lavoro.

La nuova ristrutturazione ha inteso adottare tecnologie sostenibili per raggiungere elevati standard qualitativi e di risparmio energetico.

Gli obiettivi della ristrutturazione in chiave energetica sono stati:

- dimostrazione dell'efficienza energetica di un edificio esistente per uffici;
- riduzione del 50% di CO<sub>2</sub> rispetto ad un edificio convenzionale con lo stesso numero di utilizzatori;
- dimostrazione che la ristrutturazione di un edificio per uffici può essere economicamente ed ambientalmente efficiente rispetto alla demolizione con successiva ricostruzione.

## Descrizione del lavoro

Lo sviluppo dei lavori si è basato su 4 aree principali:

1. Ristrutturazione del vecchio blocco (secondo piano, terzo e sesto)
2. Conversione degli uffici esistenti in una moderna area per uffici con nuove soluzioni di postazioni di lavoro per accrescere il comfort degli occupanti, ciò ha incluso:
  - ventilazione notturna con l'introduzione di materiali a cambiamento di fase "Phase Change Material" (PCM);
  - controllo illuminotecnico e solare;
  - sistema di raffrescamento dall'alto.
3. Ristrutturazione della parte comune ad atrio, piano terra e primo piano.  
Per accrescere il livello occupazionale, questa area è stata convertita in una nuova zona lavoro modulare, che include i controlli per il sistema di trattamento dell'aria e BEMS per massimizzare il raffrescamento naturale nel periodo estivo e massimizzare il riscaldamento nel periodo invernale con il controllo della CO<sub>2</sub>.
4. Nel 1980 è stato realizzato, a piano terra, un nuovo blocco che ha incluso:
  - illuminazione a LED
  - raffrescamento notturno combinato, naturale e meccanico.
5. Riscaldamento dell'acqua con il solare termico.  
Il nuovo sistema solare per il riscaldamento dell'acqua, è un sistema "isolato" ed è in grado di produrre circa 1.500 m<sup>2</sup> per una superficie di 5.830 m<sup>2</sup>. Il sistema include un nuovo ed efficiente boiler a gas a condensazione e due da 500 litri.

Il tema comune per tutto l'edificio è un involucro con buona massa termica, e ventilazione notturna per il comfort estivo. La capacità termica dell'involucro è

accreciuta anche dall'inserimento di materiali a cambiamento di fase nel sistema di condizionamento, che acquisisce una efficienza ibrida. L'illuminazione è del tipo a basso consumo energetico con controllo solare automatico.

### Efficienza energetica

L'impianto di illuminazione è a soffitto e a parete ed è stato automatizzato tramite sensori di presenza in grado di risparmiare corrente elettrica e di illuminare i vari ambienti solo quando è strettamente necessario.

Le luci degli uffici sono regolate da sensori della radiazione solare in grado di arrestarle quando il fattore diurno è in grado di illuminare gli ambienti interni.



Elevati livelli di comfort luminoso sia negli uffici che negli spazi pubblici.

Il risparmio di illuminazione è stato notevole con un incremento di prestazioni del 38%, superiori rispetto ad un edificio analogo.

### Riscaldamento/condizionamento

Durante il periodo estivo il surriscaldamento degli ambienti è un problema molto sentito in edifici come il Daneshill, l'esigenza di ventilare anche naturalmente l'edificio ha acquisito la massima priorità nella ristrutturazione di tipo energetico. Il raffrescamento è combinato, con l'apertura delle finestre e meccanico, in modo da ottenere un livello di comfort ottimale.

### Raffrescamento

È previsto un sistema che raffreschi l'intera massa muraria dell'edificio, e distribuisca in profondità, trasferendo energia termica dall'aria alla massa muraria. In estate, la ventilazione notturna è introdotta negli uffici attraverso apposite aperture con ventilatore poste nelle finestre.

Condotti di ventilazione sono stati posizionati a soffitto e l'aria circola negli ambienti

Durante il giorno le finestre vengono chiuse, così come i ventilatori, in modo da trattenere all'esterno il calore.

Questo sistema è costituito da una piastra in acciaio lunga 1.800 mm e larga 450 mm, di spessore 25 mm, appesa a soffitto, connessa, poi, ai condotti flessibili attraverso i quali l'aria circola nel locale. Il soffitto agisce come sistema unico di ventilazione attraverso aperture grigliate poste nel controsoffitto a pannelli. Materiali a cambiamento di fase (PCM) sono integrati nella "piastra fredda" per consentire di incrementare quanto più possibile l'immagazzinamento dell'apporto termico e le performance di comfort.

Gli aeratori sono progettati per la ventilazione notturna, quando la temperatura eccede i 24 °C, l'aria fresca viene fatta circolare attraverso ventilatori integrati alle finestre che provvedono a far circolare l'aria dal fronte est dell'edificio e



la estraggono dal lato ovest. Comunque, la ventilazione notturna si interrompe automaticamente quando la temperatura scende sotto i 18°, al fine di prevenire l'eccessivo raffrescamento.



I sacchetti di plastica contenenti PCM.

Durante il giorno, quando la temperatura negli ambienti supera i 24 °C, i ventilatori a soffitto fanno circolare più lentamente l'aria calda nelle piastre del "cooldeck". L'aria è raffrescata appena viene a contatto con la muratura in cemento e poi viene rinviata negli uffici attraverso aperture con griglia poste sul controsoffitto. Il sistema ha una buona efficienza poiché alle finestre sono disposti dei frangisole riflettenti in grado di evitare fenomeni di abbagliamento e ridurre il surriscaldamento.

Gli utenti sono stati istruiti per chiudere i frangisole, la notte, sul lato est dell'edificio, al fine di ridurre il calore delle prime ore del mattino.

Il sistema dimostra come la massa termica dell'edificio può essere accresciuta con l'inserimento dei PCM nel sistema di raffrescamento. I PCM sono formati da sali idrati contenuti in strati disposti a fogli, distesi nella piastra denominata "cooldeck"; essi permettono che l'aria circoli fra il soffitto e i PCM.

Se la temperatura dell'aria degli ambienti cresce oltre i 24 °C il calore fluisce nei PCM causando il loro scioglimento; essi assorbono calore e ciò determina la riduzione del picco di surriscaldamento.

Quando i PCM si solidificano, il calore assorbito ritorna all'ambiente, contribuendo a far rimanere per un tempo più lungo il raffrescamento nella stanza.

Il principio fisico è simile a quello della massa termica, ma i PCM richiedono meno massa per attuarlo.

Il modello termico dell'area del vecchio blocco è stato realizzato negli anni 1990 usando il sistema "Heathrow Example Weather Year". Questo metodo di simulazione è stato ripetuto utilizzando il "CIBSE Design Summer Year for London" e il "London Test Reference Year".

La soluzione al problema del surriscaldamento è stata superata installando una unità di raffreddamento al fine di ridistribuire meglio la circolazione dell'aria attraverso il soffitto.

Ci sono poi 3 unità installate al secondo, terzo e sesto piano del vecchio blocco e rappresentano circa il 25% degli impianti di raffrescamento tradizionali (30 W/m<sup>2</sup> di raffrescamento).

Le unità sono controllate e azionate automaticamente quando la temperatura dell'ufficio raggiunge i 27 °C.

Uno dei vantaggi del sistema è il poco spazio occupato, in modo che può essere inserito nel soffitto in uno spazio anche piccolo, (sono sufficienti 220 mm), per evitare che gli occupanti si accorgano della presenza del dispositivo e di quando è in funzione.

Un modello termico dinamico ha definito il progetto del nuovo Customer Services Centre (CSC) usando il software IES Virtual Environment. L'analisi ha dimostrato la variazione del livello occupazionale e la necessità di mantenere la temperatura tra 21 °C e 25 °C.

Il sistema finale comprende un impianto misto, con ventilazione meccanica e raffrescamento ad elevata efficienza che utilizza il "cooldeck" e la ventilazione notturna per ridurre l'aria condizionata meccanica.

La ventilazione dell'ufficio principale è gestita dall'unità di trattamento dell'aria posta nel locale adiacente al garage, il raffrescamento è implementato dall'unità di trattamento dell'aria insieme al "cooldeck", che utilizza la struttura come massa termica.

La massa termica della struttura è massimizzata dall'adozione dei PCM in modo da ridurre al massimo il raffrescamento meccanico.

Le strategie di controllo sono state verificate in estate e in inverno nel periodo di condizionamento con una riduzione dei consumi di quasi il 40%.

### Acqua calda

L'acqua calda sanitaria è prodotta da due boiler elettrici da 800 litri.

I consumi sono di circa 800 litri – 1200 litri al giorno con un consumo elettrico di circa 85 kWh/giorno, circa 25,9 MWh/anno con emissioni di CO<sub>2</sub> di 11,148 tonnellate.

Il principale componente del sistema da 500 litri per la produzione di acqua calda è posto nel seminterrato del nuovo blocco per uffici, sulla copertura sud sono posti tre gruppi di pannelli solari.

I collettori solari sono in vetro sottovuoto e coprono una superficie di 22 m<sup>2</sup>. Il sistema è da circa 120 litri di fluido, con una produttività di 13,5 l/min e 4,5 l/min per consentire la corretta distribuzione del fluido.

Il sistema di controllo Resol type ES, compara costantemente la temperatura dei collettori solari con la temperatura di esercizio, attivando le pompe per mantenere in temperatura l'acqua.

### Illuminazione

L'illuminazione a diodi (LED) è stata realizzata per l'area pubblica del Customer Services Centre in modo da ridurre la manutenzione del sistema e conseguire un particolare effetto luminoso.

Il sistema di illuminazione della Daneshill House consiste in una serie di LED modulari, che mandano la luce attraverso il soffitto. I LED consistono in 3 moduli, bianco, blu e bianco, che sono collegati ai controller. Oltre ai led sono state installate lampade a fluorescenza e sul perimetro lampade fredde.



Il sistema di illuminazione a LED nell'area di servizio al pubblico è programmato per cambiare colore e migliorare l'aspetto della sala d'attesa.

### Tecnologie innovative

Il progetto per il Daneshill House dimostra come:

- il raffrescamento notturno, con il contributo di una buona massa termica e l'uso di materiali a cambiamento di fase PCM può garantire una buona climatizzazione estiva;
- il raffrescamento notturno può garantire un sistema misto per evitare il surriscaldamento estivo;

- il design del nuovo edificio per uffici ha permesso di realizzare una serie di stanze ad elevata efficienza energetica;
- l'uso di un più efficiente sistema per la produzione di acqua calda provvede a riscaldare l'acqua anche con sistemi solari e non solo elettrici, coprendo 3.840 m<sup>2</sup> per 350 occupanti;
- il sistema a controllo solare automatico (Building Environment Management System -BEMS) eviti sprechi di illuminazione artificiale.

La performance energetica del sistema del “cooldeck” al terzo piano del terzo edificio consente un risparmio energetico tra il 74% e l'80% dimostrato in fase di monitoraggio.

L'adozione di tecnologie innovative ha incrementato l'efficienza energetica dell'edificio, riducendo del 50% le emissioni di CO<sub>2</sub> annue nell'ambiente.

## 11

**GSIS – GENERAL SECRETARIAT OF INFORMATION SYSTEMS  
MINISTRY OF FINANCE – MINISTERO DELLE FINANZE, GRECIA**

<b>Paese</b>	Grecia
<b>Città</b>	Atene
<b>Indirizzo</b>	Chalandri and Thessalonikis, 1
<b>Occupanti dell'edificio</b>	impiegati
<b>Uso primario</b>	edificio per uffici
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	lun – sab ore 8.00-20.00
<b>Strategie sostenibili</b>	strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali, fotovoltaico
<b>Anno di completamento ristrutturazione</b>	2006

L'edificio pubblico della segreteria generale ad Atene (GSIS) è una agenzia amministrativa facente parte del Ministero dell'Economia e Finanze della Grecia. È un edificio inusuale, costruito come industria nel 1960 e convertito nel 1990 in uffici.

### Obiettivi

Integrazione di una progettazione a basso consumo energetico e sostenibile, per ottimizzare l'efficienza di tutto l'edificio.

### Controllo della radiazione solare

Per il controllo della radiazione solare sono state inserite lamelle frangisole, poste verticalmente ed orizzontalmente sui lati sud ed Est dell'edificio per ridurre l'apporto solare che può causare il surriscaldamento nel periodo estivo.



La facciate a sud-est e nord-ovest prima dell'inserimento di schermature.

## Illuminazione

L'illuminazione è stata sostituita con lampade T5, con capacità di spegnimento elettronico e automatico secondo i livelli di illuminazione naturale.

## Riscaldamento e raffrescamento

La priorità della ristrutturazione è stata rendere efficiente e a basso consumo energetico il sistema di riscaldamento e di raffrescamento degli uffici.

Prima della ristrutturazione le unità di fan-coil funzionavano sia come elementi scaldanti che come elementi refrigeranti, con unità centrale di raffreddamento. Le unità sono controllate con termostati e azionati indipendentemente rispetto ad altri parametri ambientali. Durante la ristrutturazione sono stati montati termostati per ogni unità di fan-coil, i termostati sono stati messi senza fili e comunicano con un sistema centrale BEMS.

I termostati sono stati programmati per funzionare solamente nell'orario di ufficio, un sistema automatico è stato installato sulle finestre in modo da bloccare il funzionamento dei fan-coil quando le finestre sono aperte.

Per rendere il funzionamento delle pompe più efficiente, sono stati installati contatori sul circuito primario per misurare il fabbisogno termico di ogni zona. Per la climatizzazione sono stati inseriti dei ventilatori a soffitto che sfruttano un sistema di evaporazione per il raffrescamento; il loro funzionamento è controllato dai sensori di presenza e dalla temperatura degli ambienti. Per questa parte sono stati installati sensori di temperatura e di CO<sub>2</sub>.

## Ventilazione

L'unità di trattamento dell'aria serve diverse zone e unità per uffici. Gli uffici sono spesso densamente occupati, infatti ospitano 1.400 impiegati fissi, su una superficie di circa 30.000 m<sup>2</sup>, e talvolta la concentrazione di CO<sub>2</sub> è estremamente elevata. Quando il livello di CO<sub>2</sub> supera la concentrazione massima, è prevista la ventilazione attraverso un sistema a grate, installate alle finestre, che con l'apertura consentono un ricambio d'aria di circa il 30% per l'intero ufficio.

## Tecnologie rinnovabili

Nella ristrutturazione sono stati installati 19 pannelli fotovoltaici semi-trasparenti.

## Monitoraggio

Il sistema di monitoraggio previsto per questo edificio è del tipo HVAC con termostato, controllo remoto, tecnologia a zone, sistema di distribuzione (BMS), attraverso l'applicazione di un sistema di rete neurale e controllo "fuzzy logic", telecontrollo BMS e uso di ICTs come Smart e-Box (Ericsson) o EuroBus EIB (Siemens), continua ottimizzazione delle strategie di controllo per minimizzare i consumi energetici e il benessere ambientale, la qualità e il comfort.



### Risparmio energetico

Il risparmio energetico è costituito da un uso selettivo dell'aria fresca e ricircolo interno per il miglioramento della qualità dell'aria degli uffici. Un sistema di recupero di calore consente di risparmiare energia, pre-riscaldando l'aria in ingresso e pre-raffrescando l'aria nel periodo estivo.

L'adozione di principi di architettura sostenibile e l'applicazione dell'analisi del ciclo di vita, durante l'intera esistenza dell'edificio, l'analisi energetica, l'uso di materiali sostenibili, impianti e sistemi a basso consumo energetico, contribuiscono ad ottimizzare le performance di tutto l'edificio.

### Monitoraggio

L'attività di monitoraggio ha previsto fasi di valutazione e simulazioni.

Le fasi di monitoraggio sono incluse nel sistema BEMS, con lo scopo di ridurre volumi di aria da riscaldare elettricamente. Il monitoraggio ha avuto durata di un anno fornendo dati che sono stati analizzati per verificare l'efficienza energetica dell'edificio.

### THE ALBATROS, ROYAL DUTCH NAVY

<b>Paese</b>	Paesi Bassi
<b>Città</b>	Den Helder
<b>Indirizzo</b>	
<b>Occupanti dell'edificio</b>	impiegati
<b>Uso primario</b>	edificio per uffici
<b>Giorni/Ore d'impiego</b>	lun – sab ore 8.00-20.00
<b>Strategie sostenibili</b>	controllo della radiazione solare, doppia pelle, strategie per incrementare l'illuminazione e la ventilazione naturali
<b>Anno di completamento ristrutturazione</b>	2006

#### Situazione antecedente la ristrutturazione

L'edificio Albatros della Royal Dutch Navy, è adibito ad uffici della Marina. L'ente proprietario intendeva demolire l'edificio per ricostruirne uno nuovo, ma l'analisi del ciclo di vita ha dimostrato che ci sarebbe stato un risparmio economico nel ristrutturare il vecchio edificio esistente.

L'edificio fu realizzato nel 1972 con facciata vetrata a sud-est con finestre a vetro singolo in alluminio, (soluzioni illuminotecniche altamente energivore), senza isolamento termico, riscaldamento con radiatori (gas boilers) e ventilazione meccanica senza sistema di recupero. L'edificio consiste in un blocco multipiano con 7 livelli, per un totale di 4.400 m<sup>2</sup> con sale riunioni al piano primo (1.800 m<sup>2</sup>).



L'edificio Albatros prima e dopo la riqualificazione.

## Obiettivi

Obiettivi del progetto sono la riduzione del 30% della domanda di energia in raffronto con i correnti regolamenti edilizi, la riduzione degli extracosti per la progettazione sostenibile, il miglioramento delle condizioni interne fino a giungere ad elevati standard funzionali ed abitativi.

La scelta delle misure adottate è stata supportata dall'analisi del ciclo di vita LCA, che ha dato la possibilità di definire l'impatto ambientale per il futuro dell'edificio.

## Miglioramento dell'involucro

L'edificio esistente era riscaldato a gas con facciate non isolate, vetri singoli in facciata e sistema di illuminazione inefficiente.

La ristrutturazione è consistita nella realizzazione di una seconda pelle assemblata sulla facciata esistente, la struttura in acciaio è stata rimpiazzata con una di alluminio. La vecchia facciata è stata modificata aumentando le aperture finestrate e inserendo bocchette per la ventilazione. La seconda pelle incrementa la qualità termica dell'edificio, eliminando i ponti termici, numerosi sull'edificio prima della ristrutturazione, ed ha anche una funzione acustica assorbendo i rumori del traffico della viabilità vicina.

## Controllo della radiazione solare e vetrate

Un sistema di schermatura è stato montato nella cavità della seconda pelle, azionato automaticamente secondo le necessità di ombreggiamento.

## Illuminazione

L'edificio è ben illuminato con luce naturale, i tavoli sono vicini alle finestre e non hanno problemi di abbagliamento, grazie alla doppia pelle, che fa filtrare la radiazione luminosa. L'illuminazione è controllata automaticamente secondo le necessità illuminotecniche.



Le fasi di montaggio della double-skin.



Particolari della facciata, prima e dopo la riqualificazione.

### Riscaldamento e raffrescamento

L'edificio Albatros è situato vicino ad un impianto CHP, e ad esso è stato connesso tramite un sistema di riscaldamento con un impianto di distretto.

I radiatori sono nuovi per ottimizzare il riscaldamento negli uffici.

Durante l'estate, la ventilazione naturale viene utilizzata per pre-raffreddare la massa termica dell'edificio, che viene sfruttata sia a parete che a soffitto in modo da rendere più confortevoli le condizioni interne.



Un ufficio.

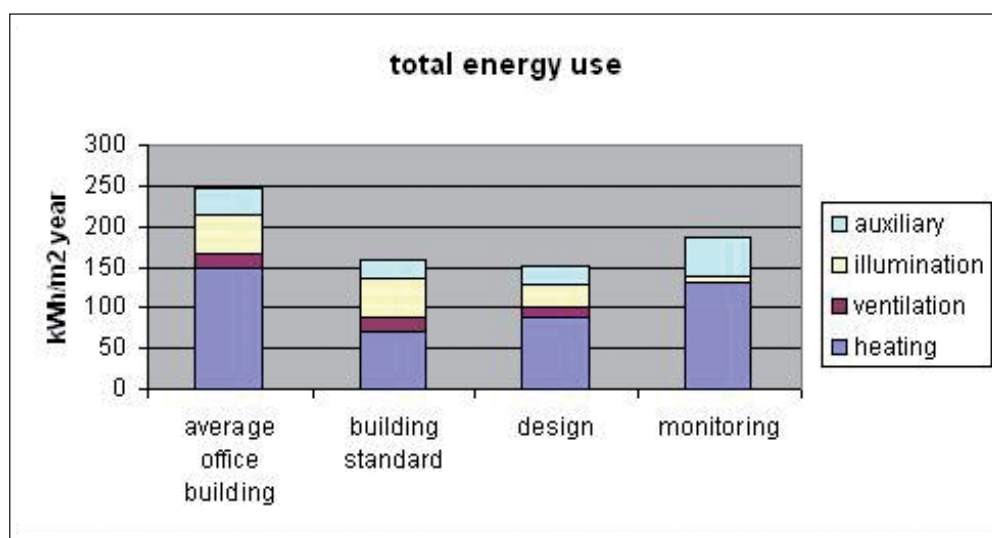
### Ventilazione

L'edificio è ventilato naturalmente attraverso misure passive, grandi aperture finestrate, isolamento dietro a termoconvettori per evitare le perdite di energia. A piano terra la ventilazione si attua attraverso il soffitto per la lunghezza di tutta la facciata, le bocchette a soffitto sono aperte in estate e chiuse in inverno.

Per il raffrescamento è utilizzato l'effetto "Coanda": l'aria fresca scivola sul soffitto dove si mescola con l'aria della stanza, prima di raggiungere il livello degli occupanti. L'aria esausta viene rimossa meccanicamente dall'edificio, utilizzando condotti e ventilatori ad alta efficienza, riducendo l'uso di energia elettrica.

### Tecnologie Innovative

- le aperture vengono ampliate in facciata e le finestre hanno un coefficiente  $U$  1,8 W/m<sup>2</sup>K;
- l'isolamento dei muri, pavimenti e soffitti hanno coefficiente  $U$  0,3 W/m<sup>2</sup>K;
- una seconda pelle viene creata per massimizzare l'isolamento termico e le condizioni interne di pre-riscaldamento durante l'inverno;
- vengono utilizzati sistemi passivi di ventilazione indipendente, con possibilità di ventilazione notturna per raffrescare la massa dell'edificio in estate;
- il riscaldamento funziona a basse temperature;
- il sistema illuminotecnico è ad elevata efficienza energetica.



I consumi energetici. Fonte: REVIVAL.

## ■ Appendice

### LA RIQUALIFICAZIONE BIOCLIMATICA DEGLI EDIFICI ATTRAVERSO L'USO DEL BUILDING INFORMATION MODELING

#### Introduzione

Il Building Information Modeling è un metodo per generare e gestire le informazioni sugli edifici, durante tutto il loro ciclo di vita; il suo primo sviluppo si può far risalire al debutto dell'ArchiCAD di Graphisoft nel 1987 e al concetto di *virtual building*<sup>1</sup>.

L'acronimo BIM è utilizzato sia per indicare "Building Information Model" sia per "Building Information Management", quindi sistemi di supporto, sia in fase di ideazione che in fase di gestione del progetto, per il miglioramento della produttività nella progettazione edilizia e nella costruzione: a questo scopo si utilizzano software di modellazione tridimensionali e dinamici, che valutano sia la geometria dell'edificio, le relazioni spaziali, i dati geografici, sia le quantità e le caratteristiche dei componenti edilizi.

Il Building Information Modeling è un modo innovativo di avvicinarsi al disegno e alla documentazione di progetti edilizi.

- *Building* (edificio) – non riferito solo alle strutture, ma considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio (progettazione/ costruzione/gestione);
- *Information* (informazioni) – tutte le informazioni sull'edificio ed il suo ciclo di vita sono comprese;
- *Modeling* (modellazione) – definizione e simulazione dell'edificio, la sua costruzione e gestione, in un sistema integrato.

Le soluzioni software per il Building Information Modeling sono basate su un ambiente di progettazione integrato che fornisce, ai team coinvolti in tale processo, gli strumenti per mantenere le informazioni coordinate, aggiornate e accessibili. Tali sistemi incorporano applicazioni all'avanguardia per l'ingegneria civile, la progettazione edilizia e facility management<sup>2</sup>, così come strumenti per la gestione in condivisione dei progetti.

La chiara e rapida comprensione tra architetti, ingegneri, professionisti delle costruzioni, impiantisti e proprietari, è la chiave del successo di ogni progetto; questo può essere raggiunto utilizzando uno stesso modello, una struttura unica

<sup>1</sup> Per approfondimenti consultare: [http://www.graphisoft.com/products/virtual\\_building/](http://www.graphisoft.com/products/virtual_building/)

<sup>2</sup> Ad esempio il Critical Path Method, CPM, ovvero "metodo del percorso critico", uno strumento di gestione progetti sviluppato nel 1957, usato per individuare la sequenza di attività più critica (massima durata) ai fini della realizzazione di un progetto.



di ambiente di lavoro, che favorisca lo sviluppo di progetti di collaborazione attraverso un processo altamente dettagliato.

Un modello BIM può contenere qualsiasi informazione riguardante l'edificio o le sue parti: i dati più comunemente presenti riguardano la localizzazione geografica, la geometria, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione, le operazioni di manutenzione. Inoltre, in un modello BIM si possono computare in maniera semplice ed immediata le quantità, ad esempio la superficie di un intonaco o i metri cubi di calcestruzzo presenti.

Il BIM può essere considerato, quindi, una piattaforma che soddisfa la sequenza progettuale, a partire dal rilievo, passando alla progettazione e al computo di quantità ed estimativo, fino ad arrivare all'analisi energetica e alla presentazione del progetto fornendo un set di documenti convenzionali correlati, accurati e affidabili.

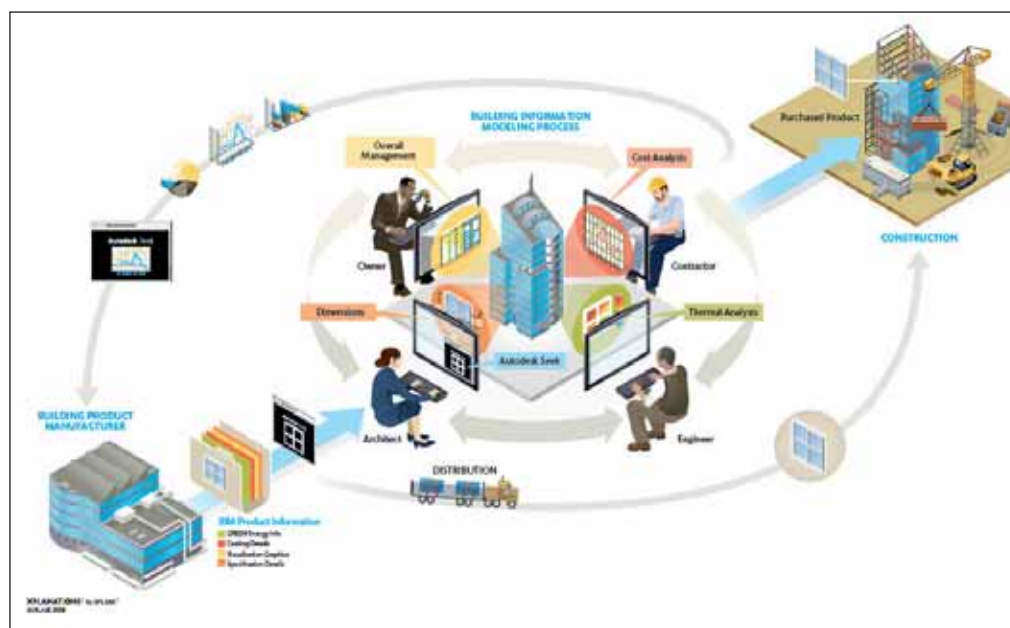


Fig. 1 Il progetto integrato assistito dal sistema del Building Information Modeling  
(Fonte Autodesk – immagine rielaborata dall'autrice).

Il BIM è collegato storicamente alla modellazione virtuale tridimensionale, in seguito a quella 4D (tempi, ad es. cronoprogramma) e 5D (costi, ad es. computi estimativi), ma il futuro è di sviluppare la tipologia di informazioni per includere anche il mercato immobiliare, le fasi di gestione e manutenzione e le simulazioni ambientali, così da standardizzare i dati relativi ad ogni edificio, renderne più trasparente la comunicazione e l'interoperabilità<sup>3</sup>, generando in modo semplice

<sup>3</sup> La capacità di un sistema di cooperare e di scambiare informazioni con altri sistemi in maniera più o meno completa e priva di errori, con affidabilità e con ottimizzazione delle risorse. Obiettivo dell'interoperabilità è

elaborati grafici e documenti digitali. L'utilizzo di questo insieme complesso di dati consente di visualizzare, simulare e analizzare prestazioni, aspetto e costo in modo più accurato, nonché di consegnare i progetti più velocemente e con meno errori, riducendo così i costi economici ed ambientali. Questi aspetti rendono necessario l'uso del BIM ad una vasta comunità di attori del mondo dell'edilizia, ognuno dei quali richiede informazioni così come ne crea per altri:

- **progettisti** – informazioni sul sito e gli indirizzi urbanistici e modelli digitali da importare in software di analisi e progettazione;
- **proprietari** – alto livello di informazioni sulle proprietà immobiliari;
- **pianificatori** – dati geospaziali sul sito ed informazioni demografiche per stabilire i programmi sociali da applicare all'intervento;
- **imprenditori edili** – possibilità di utilizzo dei modelli "intelligenti" per controlli quantitativi per l'edificazione e informazioni per ordini e stoccaggio dei materiali;
- **responsabili di cantiere e collaudatori** – visualizzazione 3D dei processi di costruzione:
  - collaudo e simulazione – modellazione digitalizzata ed eliminazione dei conflitti;
  - salute e sicurezza dei lavoratori – conoscenza dei materiali in uso e documenti informativi sulla relativa sicurezza;
- **responsabili della sicurezza** – i modelli 3D offrono una migliore comprensione delle vulnerabilità;
- **agenzie immobiliari** – informazioni sul luogo o l'edificio per supportarne l'acquisto o la vendita;
- **periti valutatori** – elementi per facilitare la valutazione economica degli edifici;
- **società di credito** – dati sulle società e la loro affidabilità economica per semplificare la concessione mutui;
- **appaltatori e avvocati** – informazioni legali più accurate, utili nei contenziosi;
- **responsabili della manutenzione degli edifici** – dati per forniture e garanzie dei prodotti:
  - manutenzione – facile identificazione dei prodotti edilizi per la riparazione o la sostituzione;
  - rinnovo e restauro – riduzione degli imprevisti e dei relativi costi;
  - smaltimento e riciclo – miglior conoscenza della riciclabilità dei materiali;
- **Agenzie Regionali per la Prevenzione e l'Ambiente (ARPA)** – sviluppo di dati utili alle analisi dell'impatto ambientale.

dunque facilitare l'interazione fra sistemi differenti, nonché lo scambio e il riutilizzo delle informazioni anche fra sistemi informativi non omogenei. Il termine è utilizzato in ambito tecnologico per indicare un elevato grado di sinergia di sistemi diversi, utilizzando anche file in vari formati.

## 1 Benefici e potenzialità del BIM

I sistemi BIM propongono un approccio “organico” alla progettazione che consente la gestione del ciclo di vita dell’edificio nella sua globalità: qualunque informazione sia necessaria – una pianta, una sezione o semplicemente le quantità dei materiali – il programma consulta un unico database contenuto all’interno di un unico file di progetto. Ogni modifica viene automaticamente applicata a tutto il progetto e alla documentazione, rendendo così i processi più coordinati e gli elaborati più precisi. Una simile impostazione ha come vantaggio un’immediata riduzione dei tempi di progettazione e dei dispendiosi errori derivanti da una mancata corrispondenza degli elaborati, elimina la ridondanza e la perdita di dati e gli errori di comunicazione.

I sistemi BIM, in questo modo, possono definire con chiarezza aree e volumi, eseguire analisi energetiche e consentire di ottenere un quadro più approfondito della fattibilità del progetto grazie ai computi dei materiali.

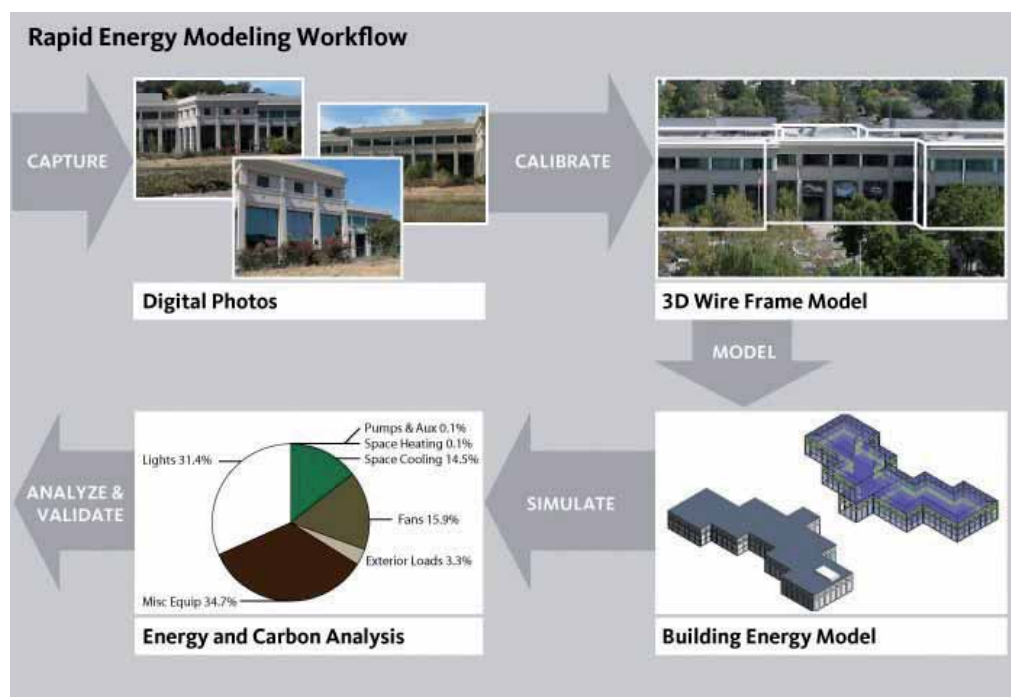


Fig. 2 La modellazione energetica virtuale diviene un procedimento facile e veloce attraverso l’uso di software integrati in un sistema BIM. (Fonte Autodesk – immagine rielaborata dall’autrice).

BIM offre un modello virtuale di informazioni che il team di progettazione (architetti, geometri, ingegneri ed altri) può fornire ad imprenditori e subappaltatori e, in seguito, al proprietario, generando un flusso di informazioni in cui ognuno aggiunge la propria specifica conoscenza disciplinare. Questo sistema di comunicazione riduce la perdita di informazioni, che avviene ogni qualvolta

un nuovo team specialistico si occupa del progetto. Previene anche gli errori commessi dai singoli membri del gruppo di progettazione o di costruzione (imprenditori e subappaltatori) e consente la scoperta di incongruenze, attraverso il controllo di ogni elemento costruttivo in rapporto alla complessità dell'intero edificio; ciò permette un notevole risparmio di costi e tempi.

Con il BIM, architetti ed ingegneri possono produrre e condividere in modo efficiente le informazioni, creare rappresentazioni digitali di tutte le fasi del processo di costruzione e simulare il comportamento reale degli edifici, ottimizzando così il flusso di lavoro, aumentando la produttività e migliorando la qualità. Possono così condividere un database di informazioni in formato digitale che apporta numerosi benefici, che si possono così riassumere:

- gestione progettuale collaborativa e svolgimento ottimale dei progetti, in termini sia di tempi che di budget;
- gestione di progetti multipli e disponibilità costante di informazioni accurate per tutto il team di lavoro;
- trasformazione di un processo tradizionale in uno nuovo, che integra l'intero gruppo di progettazione, favorisce la comunicazione tra le varie discipline dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni e si pone obiettivi di sostenibilità fin dall'inizio;
- coordinazione più veloce tra le varie discipline coinvolte;
- integrazione delle attività degli attori del processo di progettazione, agevolando e incoraggiando un approccio olistico;
- facilità di confronto fra soluzioni progettuali alternative;
- maggiore affidabilità dovuta a collegamenti con database di dati o componenti edilizi;
- impiego del concetto di modellazione 5D<sup>4</sup>;
- avanzata tecnologia di visualizzazione, come viste personalizzate e funzionalità di report, che permettono il controllo completo e una migliore visibilità dello stato del progetto e dei relativi processi;
- rappresentazione virtuale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un edificio;
- gestione dei documenti e controllo delle versioni, ottimizzando il processo di revisione e modifica;
- tracciamento delle attività dell'elaborazione del progetto;
- centralizzazione delle informazioni logistiche;
- migliore produttività dovuta alla facilità nella ricerca di informazioni;

*(segue)*

<sup>4</sup> Un modello digitalizzato è molto più di un bel progetto grafico: la visualizzazione 3D permette agli attori del processo progettuale di comprendere meglio l'edificio come se fosse realmente davanti ai loro occhi, mentre il modello 4D contiene anche informazioni sui costi di costruzione e i tempi, infine un modello 5D include anche il costo dei componenti e un computo estimativo delle opere. Così come il progetto cresce in complessità, il modello diviene una ricca fonte di informazioni.

(continua)

- perfezionamento dell'organizzazione della documentazione;
- maggiore rapidità nella consegna degli elaborati;
- riduzione dei costi e dei tempi amministrativi;
- alta qualità e dettaglio della documentazione;
- riduzione del rischio con l'individuazione tempestiva dei conflitti;
- taglio dei costi e accelerazione del processo costruttivo attraverso il controllo dei rifiuti di materiale da costruzione;
- migliore gestione del cantiere attraverso una rappresentazione del processo costruttivo che faciliti lo scambio e la interoperabilità di dati in formato digitale.

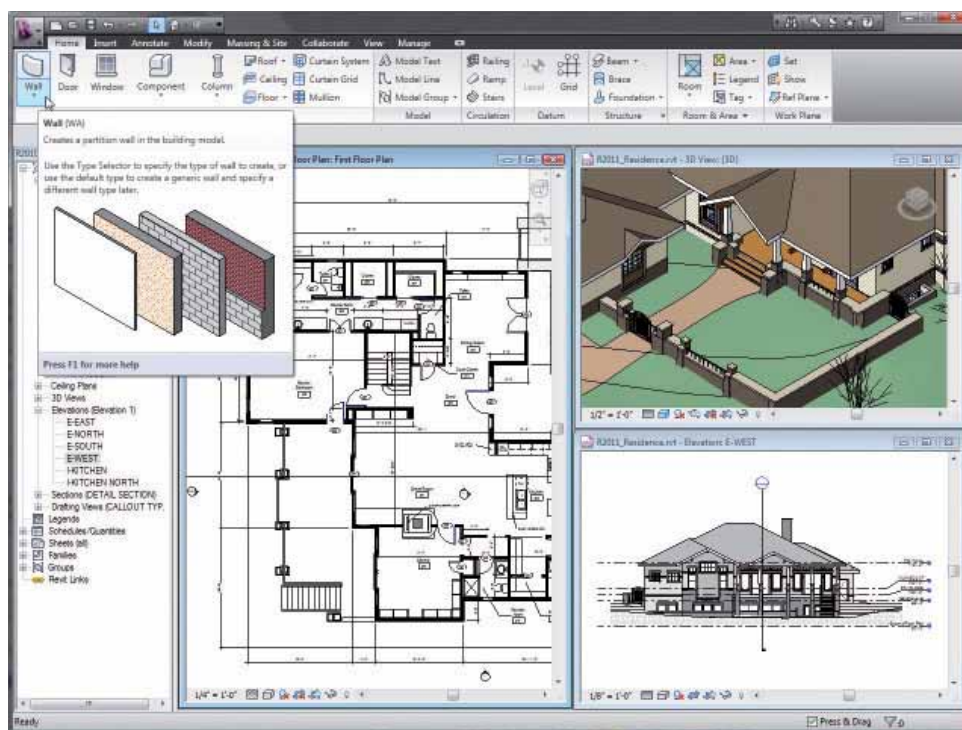


Fig. 3 L'interfaccia utente di un software di un sistema BIM basata sull'operabilità permette di organizzare il desktop con una grande finestra di disegno e offre l'accesso agli strumenti e ai comandi necessari. (Fonte Autodesk).

## 2 Il BIM per la riqualificazione edilizia sostenibile

La metodologia BIM ricopre un ruolo chiave nella progettazione sostenibile: il modello dell'edificio, infatti, può essere utilizzato – in combinazione con strumenti software per l'analisi del consumo energetico, dell'illuminazione naturale, il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub>, il risparmio energetico, l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e così via – per quantificare l'impatto ambientale, mentre la visualizzazione 3D consente al team di progettazione di creare presentazioni che illustrino al meglio le caratteristiche di sostenibilità al cliente.

Il Building Information Modeling, quindi, semplifica procedure complesse della programmazione sostenibile, quali la valutazione delle risorse di illuminazione naturale disponibili, e automatizza operazioni laboriose, come l'elenco dei materiali richiesti o utilizzati; inoltre, le informazioni vengono acquisite e aggiornate in tutta la documentazione edilizia.

La piattaforma BIM crea facilmente dati e documentazioni digitali, potenzialità non attuabile con i metodi di disegno tradizionali.

Specifiche discipline della progettazione e un sistema articolato di documentazione supportano tutte le fasi di progettazione e costruzione: dagli studi concettuali attraverso una dettagliata progettazione e programmazione, il BIM fornisce vantaggi immediati e competitivi, migliore coordinazione e qualità, e contribuisce a una maggiore redditività. Ciò si può riassumere in alcuni concetti fondamentali:

- il BIM impiega l'IPD<sup>5</sup>, o progettazione integrata, fondamentale per l'approccio sostenibile al progetto, nell'aiutare a condividere idee e collaborare intensivamente in un approccio olistico;
- l'utilizzo di database di prodotti e oggetti 3D intelligenti può fornire dettagli e caratteristiche di materiali ed altre indicazioni, che sono fondamentali per un pieno controllo del contributo dei materiali in un progetto: materiali riciclati, rinnovabili, locali, ecc.;
- l'integrazione del GIS<sup>6</sup> nel BIM può favorire lo sviluppo sostenibile del territorio, attraverso, ad esempio, l'analisi della densità demografica, l'individuazione di aree dismesse da riqualificare, l'accesso al trasporto pubblico;
- il BIM è capace di esaminare le risorse ed il consumo energetico degli edifici, controllare la qualità dell'aria interna, valutare il giusto bilancio tra ventilazione naturale e meccanica e il comfort termico dell'utenza, monitorare la concentrazione di CO<sub>2</sub>.

In particolare l'analisi delle prestazioni energetiche dell'edificio può essere condotta dai sistemi BIM attraverso tecniche di simulazione, fluidodinamica computazionale, progettazione dell'illuminazione, ecc.

<sup>5</sup> Integrated Project Delivery (abbreviato IPD), è un metodo di progettazione che integra persone, sistemi, strutture economiche e pratica, in un processo che coinvolge in maniera collaborativa le competenze di tutti gli attori, per ottimizzare i risultati di progetto, aumentare il valore immobiliare, ridurre gli sprechi, e massimizzare l'efficienza attraverso tutte le fasi fino alla costruzione. Consiste in otto principali fasi sequenziali: Ideazione, Metaprogettazione, Progettazione esecutiva, Sviluppo della documentazione, Marketing, Buyout, Costruzione e Vendita.

Per approfondire:

- <http://www.ipdflorida.com/>
- "Integrated Project Delivery - A Working Definition". American Institute of Architects California Council May 15, 2007. [http://images.autodesk.com/adsk/files/ipd\\_definition\\_doc\\_final\\_with\\_supplemental\\_info.pdf](http://images.autodesk.com/adsk/files/ipd_definition_doc_final_with_supplemental_info.pdf)
- "Integrated Project Delivery: A Guide". American Institute of Architects 2007 <http://www.aia.org/contractdocs/AIAS077630>
- "Integrated practice in perspective: A new model for the architectural profession". Architectural Record, May, 2007. <http://archrecord.construction.com/practice/projDelivery/0705proj-1.asp>

<sup>6</sup> Geographic(al) Information System o Sistema Informativo Territoriale, SIT.



## Analisi del modello progettuale

Un modello progettuale computabile è un importante contributo alle analisi necessarie alla progettazione sostenibile, persino durante la fase di progettazione di massima: infatti, già dalla configurazione dell'involucro esterno, elemento che definisce le zone termiche, si possono ipotizzare soluzioni apprezzabili.

Compiere queste analisi in un flusso di lavoro con un semplice modello CAD, che deve essere esportato, può apparire difficile per progettisti non esperti e richiedere una formazione specialistica.

## Analisi energetica in rete

I sistemi BIM permettono di compiere una veloce analisi online agli utenti dei consumi energetici e di acqua, delle emissioni di CO<sub>2</sub>, direttamente dal loro ambiente di disegno.

Queste valutazioni online, utilizzando i dati relativi alle dimensioni dell'edificio, la tipologia e l'ubicazione, determinano i materiali appropriati, il sistema costruttivo e gli impianti secondo la normativa vigente e possono illustrare anche soluzioni alternative.

## Analisi energetica coordinata

Usando soluzioni tradizionali di CAD, l'analisi energetica può diventare un processo complesso: i dati importati per tale studio devono essere convertiti per programmi 3D, dando luogo a errori di interpretazione e di computazione, mentre i sistemi BIM si servono di dettagliati database che forniscono specifiche tecniche.

## Rapida modellazione energetica

Il BIM sviluppa un flusso di lavoro che supera le tradizionali tecniche di modellazione e revisione dell'edificio, e genera un processo dinamico che si muove rapidamente – con l'utilizzo di dati limitati – dall'immagine dell'edificio (attraverso una simulazione semplificata), fino all'analisi energetica, con costi e tempi limitati. La modellazione rapida può essere:

- un percorso più rapido per la valutazione della reale performance energetica;
- una pietra miliare tra la semplice valutazione degli edifici e la previsione dettagliata;
- uno strumento per stimare e comunicare la redditività degli edifici;
- il punto di partenza per la realizzazione di progetti sostenibili di alta qualità con un'alta trasferibilità di competenze.

## Risultati appropriati

Vista la disponibilità di informazioni dettagliate nel modello virtuale, è più semplice scegliere l'opzione migliore; ciò permette di superare un significativo ostacolo, quello dei sovraccosti di costruzione degli edifici energeticamente efficienti, consentendo di diminuire le spese d'esercizio per i proprietari.

## Valutazione del profilo energetico dell'edificio

Il BIM permette ai progettisti di valutare i profili energetici e l'impatto di CO<sub>2</sub> del loro edificio in tutte le fasi progettuali. I file possono essere condivisi tra ingegneri ed architetti, rendendo la progettazione più efficiente e meno costosa.

### Interpretazione dei dati energetici

La progettazione energetica dà come risultato dati particolareggiati sulle prestazioni dell'edificio e sulle risorse energetiche così da consentire il confronto tra i costi energetici relativi agli scenari progettuali in fase di progettazione di massima.

### Analisi energetica globale

Si può determinare virtualmente il consumo totale di energia di un edificio e determinare l'impatto della CO<sub>2</sub> e quindi attivare azioni per ridurlo. Tale consumo, incluso quello elettrico e di combustibile, si può abbattere attraverso simulazioni analitiche, che consentono di analizzare dinamicamente il comportamento del sistema modellizzato, testare i criteri di gestione, valutare situazioni ritenute particolarmente critiche, validare scelte progettuali, confrontare, anche dal punto di vista economico, soluzioni alternative.

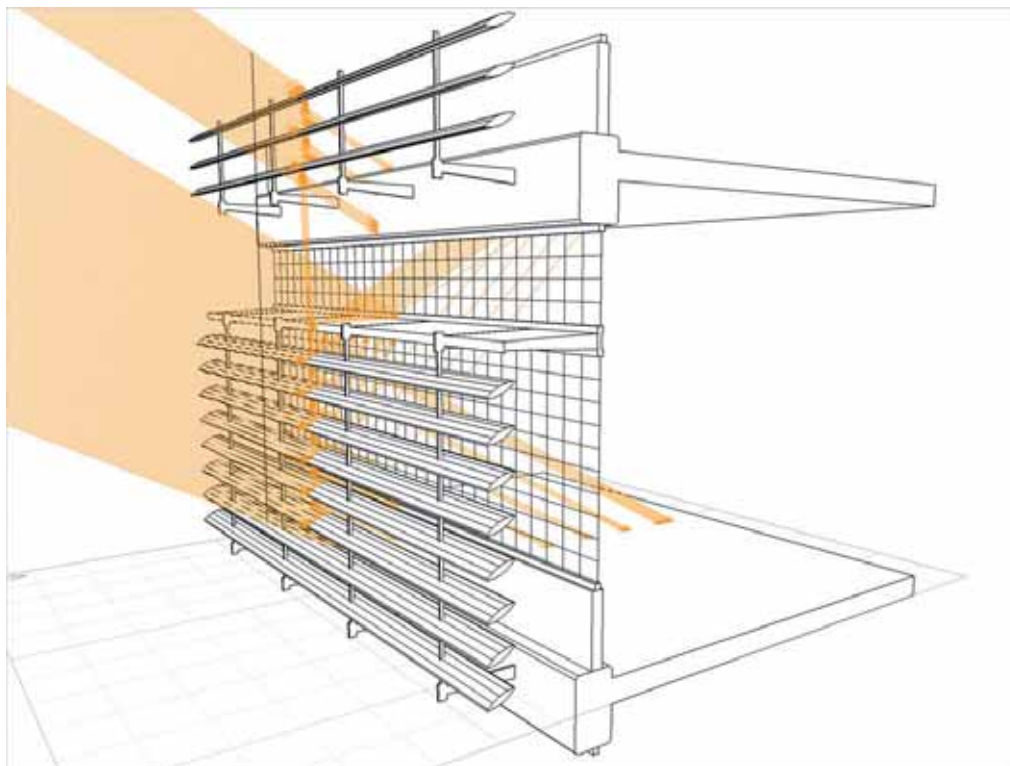


Fig. 4 Alcuni software aiutano a progettare sistemi di ombreggiatura anche complessi; possono calcolare rapidamente la quantità di radiazione solare che raggiunge le aperture. (Fonte Autodesk).

### **Valutazione di impiego dell'acqua e relativi costi**

I sistemi BIM consentono la redazione di un compendio dei consumi idrici sia all'interno dell'edificio che nell'intorno urbano, basandosi sul numero di occupanti e sulla tipologia edilizia; tale analisi consente di adottare varie misure per il risparmio di acqua, come impianti efficienti e recupero delle acque piovane.

### **Sistemi fotovoltaici**

Ogni superficie esterna dell'edificio viene analizzata per determinare la quantità di elettricità che potrebbe essere generata dall'installazione di pannelli fotovoltaici.

### **Illuminazione diurna**

Si possono calcolare i livelli di illuminazione naturale e artificiale, con tanto di analisi del fattore di luce diurna e della componente di cielo verticale, per la modellazione virtuale delle schermature.

### **Localizzazione del Progetto**

Attraverso il coordinamento con i servizi online che forniscono mappe satellitari, come Google Maps, alcuni sistemi di modellazione permettono di comprendere la morfologia del territorio e di localizzare precisamente il progetto, oltre a ottenere dati microclimatici precisi.

### **Energia eolica**

Si può calcolare automaticamente la quantità di energia elettrica generata da turbine, grazie alla localizzazione climatica.

### **Ventilazione naturale**

Alcuni programmi del sistema BIM confrontano i sistemi di raffrescamento meccanici e quelli naturali, permettendo una veloce valutazione dell'adeguatezza del sistema progettato.

### **Analisi dei progetti alternativi**

La possibilità di ottenere una vasta scelta di opzioni progettuali, aiuta i progettisti nella scelta di soluzioni energeticamente efficienti.

È chiaro come il consumo di quantità considerevoli di energia, acqua e materie prime, dell'edilizia esistente, determini un impatto ambientale non trascurabile: gli edifici devono diventare più efficienti a livello energetico e sostenibili. In fase di riqualificazione, dovendo valutare le prestazioni e le modifiche proposte per gli edifici, il processo di verifica deve necessariamente essere funzionale. Il BIM rende possibile questo tipo di valutazione: può eseguire una rapida analisi energetica iniziale, utilizzando un sistema di modellazione integrata per sviluppare un modello 3D di base, e mettere a confronto l'efficienza energetica dell'edificio esistente con il progetto di riqualificazione. Questo approccio, particolarmente conveniente, rende il

BIM uno strumento ideale per lo sviluppo e la valutazione di strategie di riqualificazione energetica, anche per il parco immobiliare più eterogeneo e geograficamente differenziato.

Adottare scelte specifiche fin dall'inizio del processo di progettazione può aiutare a conseguire significativi risultati nell'uso efficiente di energia, acqua, materiali, suolo e nella realizzazione ultima del progetto, realizzare economie di costo e minimizzare l'impatto complessivo sull'ambiente.

- **Le condizioni esistenti**

Attraverso l'utilizzo del BIM, fin dall'analisi dello stato di fatto, si possono raccogliere rapidamente e analizzare le prestazioni dell'edificio esistente per poi raggiungere un'adeguata efficienza energetica nel recupero o riqualificazione.

- **L'analisi preliminare**

Attraverso l'uso di un modello energetico dell'edificio, il BIM supporta una rapida e accurata analisi di indicatori di performance del progetto, che possono costituire un termine di paragone con le performance dell'edificio esistente.

- **L'analisi particolareggiata**

Durante l'analisi particolareggiata di un progetto di recupero o riqualificazione vanno considerate strategie per raggiungere l'efficienza energetica, per conseguire vantaggi economici ed elevate performance energetiche.

- **La costruzione**

Durante un progetto di rinnovo o riqualificazione edilizia, si possono stimare i risparmi di costo e la redditività tramite la previsione dei tempi e la minimizzazione degli errori durante costruzione.

- **La gestione e la manutenzione**

Il sistema BIM riesce supportare anche fasi del ciclo di vita di un edificio che i metodi tradizionali tralasciano, come la gestione e la manutenzione con obiettivi anche per il miglioramento dell'efficienza energetica e strutturale, tali da incrementare il valore dell'edificio nel tempo.

## 2.1 Le condizioni esistenti

La scelta di riqualificare un edificio può tendere verso obiettivi sia di miglioramento dell'efficienza energetica, di risparmio sui costi di costruzione, sia di incremento del suo valore. Attraverso l'uso del BIM si ha l'opportunità di migliorare la sostenibilità dell'edificio – in tutto il ciclo di vita – e del sito, di determinare le condizioni dell'edificio esistente, e creare, al fine di migliorarne le prestazioni, un accurato modello 3D da utilizzare per l'analisi energetica e le altre simulazioni.



Fig. 5 Attraverso l'uso di sistemi BIM, si può valutare l'impatto ambientale sui consumi energetici dell'edificio da riqualificare. (Fonte Autodesk – <http://usa.autodesk.com/>).

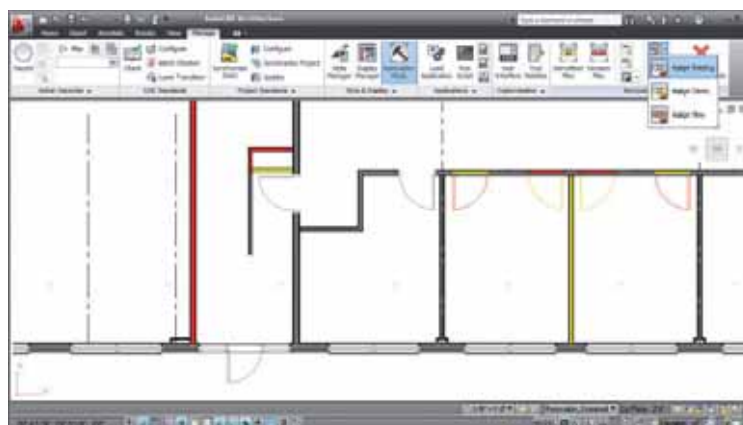


Fig. 6 Gli strumenti per la ristrutturazione architettonica rendono flessibili ed efficienti la pianificazione e l'elaborazione dei progetti di ristrutturazione. È possibile creare in modo semplice e rapido elaborati grafici 2D e 3D, contenenti oggetti nuovi e da demolire, grazie ai nuovi strumenti specifici per la ristrutturazione. (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Recupero e riqualificazione energetica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ridurre i costi di costruzione e perfezionarne la prevedibilità, dando luogo a significativi risparmi;</li> <li>prevedere canoni di affitto concordati e accessibili;</li> <li>pianificare per mantenere l'efficienza energetica anche nel futuro, aumentando il valore potenziale dell'edificio;</li> <li>considerare le norme e i requisiti relativi ai sistemi impiantistici.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>documentare le condizioni esistenti dell'edificio;</li> <li>usare fotografie digitali, modelli 3D, disegni CAD, o scansioni laser;</li> <li>creare un semplice modello energetico 3D per compiere più rapidamente ed accuratamente un'analisi energetica preventiva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software per la fotogrammetria e la modellazione basata su immagini, in grado di generare modelli 3D a partire da immagini digitali 2D;</li> <li>software per l'acquisizione, vettorializzazione e manipolazione delle immagini raster;</li> <li>software per il disegno professionale;</li> <li>software dotati di strumenti appositamente sviluppati per la progettazione e l'analisi impiantistica degli edifici.</li> </ul>

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Efficienza energetica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fissare obiettivi per raggiungere o superare i limiti normativi relativi a consumi di energia, acqua, ed impatti ambientali;</li> <li>• fissare obiettivi per rete-zero energia o carbone operazioni neutrali;</li> <li>• determinare potenziale per la generazione di energia elettrica eolica o solare sul posto;</li> <li>• ricerca per possibilità di ventilazione naturale, determinata da vincoli di luogo, dal clima, e da esigenze di sicurezza, qualità dell'aria ed esigenze degli utenti;</li> <li>• considerare la forma dell'edificio per raggiungere un'ottimale efficienza energetica.</li> </ul> <p><b>Utilizzo dell'edificio</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilire i requisiti spaziali dell'edificio;</li> <li>• analizzare la distribuzione degli spazi e l'assegnazione delle destinazioni d'uso.</li> </ul> <p><b>Individuazione dei Criteri di Comfort</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• individuare metodi per soddisfare il comfort – come il controllo solare, l'umidità, la qualità dell'aria, i livelli di inquinamento acustico - e stimare gli impatti sui consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub>.</li> </ul> <p><b>Recupero ed uso dell'acqua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• determinare la disponibilità di acqua in situ, la dimensione del bacino idrografico e valutare le quantità di acqua necessaria;</li> <li>• determinare se potranno essere riutilizzate le acque grigie o non potabili.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• considerare strumenti di analisi energetica che possono aiutare a realizzare stime più accurate per il risparmio di energia e ridurre il tempo necessario per la simulazione energetica;</li> <li>• condurre studi ed analisi preliminari con l'obiettivo di ottenere certificazioni di qualità o efficienza energetico-ambientale;</li> <li>• possibilità di uso efficiente dell'energia;</li> <li>• analisi delle emissioni di CO<sub>2</sub>;</li> <li>• possibilità di efficienza idrica;</li> <li>• emissioni Regionali di carbone di griglia, elettriche e potenziali;</li> <li>• clima locale;</li> <li>• possibilità di ventilazione naturale;</li> <li>• illuminazione naturale;</li> <li>• studi solari;</li> <li>• analisi idrologica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software per l'analisi energetica, idrica e delle emissioni di CO<sub>2</sub> per realizzare simulazioni ambientali dettagliate;</li> <li>• software di rappresentazione tridimensionale per l'acquisizione delle condizioni esistenti e l'analisi delle prestazioni;</li> <li>• software di analisi delle condizioni idrologiche esistenti, per generare computi delle quantità di acque meteoriche disponibili;</li> <li>• software di simulazione della propagazione del suono entro spazi chiusi ed all'aperto.</li> </ul>



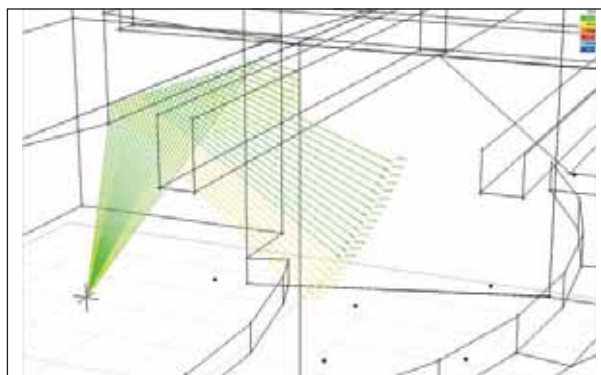


Fig. 7 Analisi acustica sul riverbero dei suoni in un interno. (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Obiettivi Ambientali</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• impiego di strategie progettuali a basso impatto ambientale;</li> </ul> <b>Protezione dell'Habitat</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• conservare l'ambiente naturale e la fauna selvatica;</li> <li>• preservare la biodiversità;</li> <li>• osservare le leggi e i regolamenti.</li> </ul> <b>Idrologia Naturale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• proteggere le risorse acquatiche e la qualità dell'acqua;</li> <li>• ridurre l'inquinamento delle acque di prima pioggia e l'erosione dei terreni.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condurre studi e analisi per determinare le condizioni esistenti (spazio, reti e zone di rispetto).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software che permettano l'input e l'output di dati tra piattaforme CAD e GIS, per incorporarli nella progettazione ambientale e produrre mappe e altri tipi di analisi geospaziali, così da migliorare la descrizione del sito ed evidenziare la presenza di zone sensibili come paludi, aree esondabili, zone in erosione o frane;</li> <li>• software di calcolo dell'irraggiamento potenziale;</li> <li>• software che aiutino a identificare la localizzazione delle fonti di energia rinnovabile e a dimensionarle (es. impianto fotovoltaico).</li> </ul>
<b>Gestione elettronica dei progetti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gestione elettronica di documenti per ridurre la produzione di quelli cartacei e diminuire l'impatto ambientale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• usare i dati coordinate per il modello BIM per ottimizzare le risorse, i costi e la tempistica;</li> <li>• assumere un modello digitale del progetto per coordinare informazioni, processi, costi, e i tempi lungo il ciclo di vita dell'edificio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software che consentano di velocizzare la gestione di progetti, documenti e dati, includano strumenti per migliorare il tracciamento e la condivisione delle risorse, oltre alla visualizzazione e revisione dell'intero progetto, creando un archivio centrale con accesso più sicuro;</li> <li>• software di project management che automatizzino i processi di reporting, monitorino lo stato del progetto, simulino le previsioni di costo e coordinino le risorse.</li> </ul>

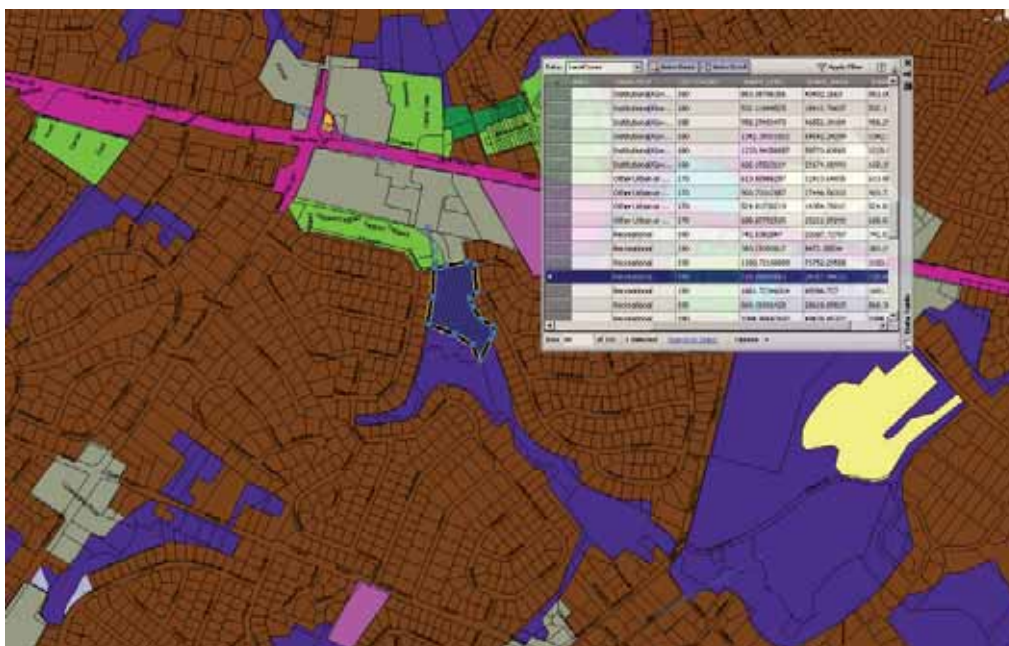


Fig. 8 Sono possibili la connessione dei dati automatica, l'accesso diretto ai dati spaziali memorizzati nei file, nei database relazionali e nei servizi basati su web, utilizzando l'accesso ai dati Open Source, per accedere ai formati dei dati del sistema GIS. (Fonte Autodesk).

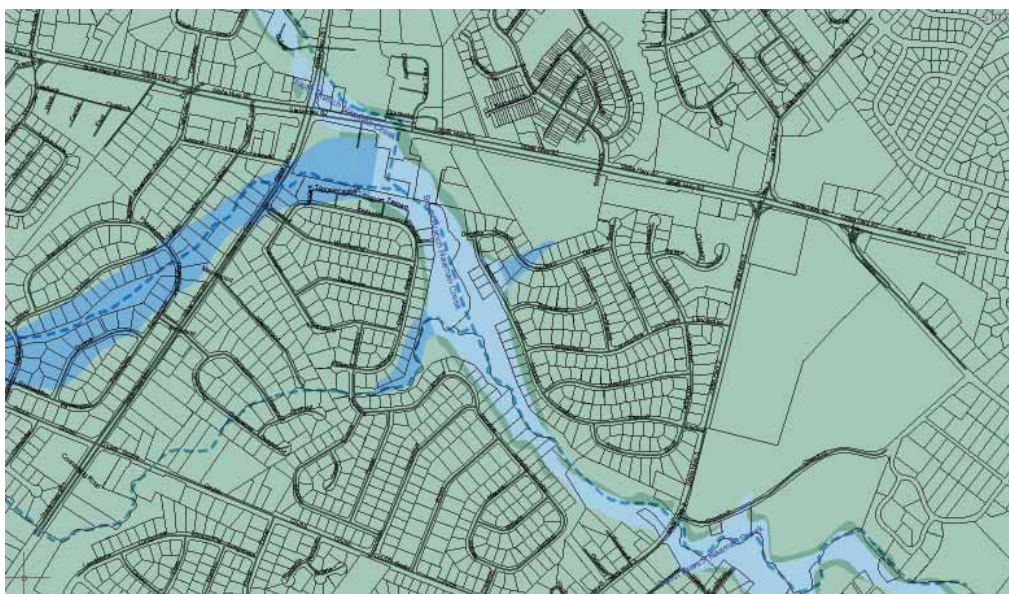


Fig. 9 È possibile utilizzare gli strumenti di cartografia, per creare carte stilizzate che mettano in evidenza specifiche caratteristiche o informazioni, come i contorni dei bacini idraulici, la zonazione, i tipi di suolo e le dimensioni delle condotte. Con la trasparenza, è poi possibile unire i dati. Si possono salvare e riutilizzare stili per la cartografia, per velocizzare la produzione di carte. (Fonte Autodesk).

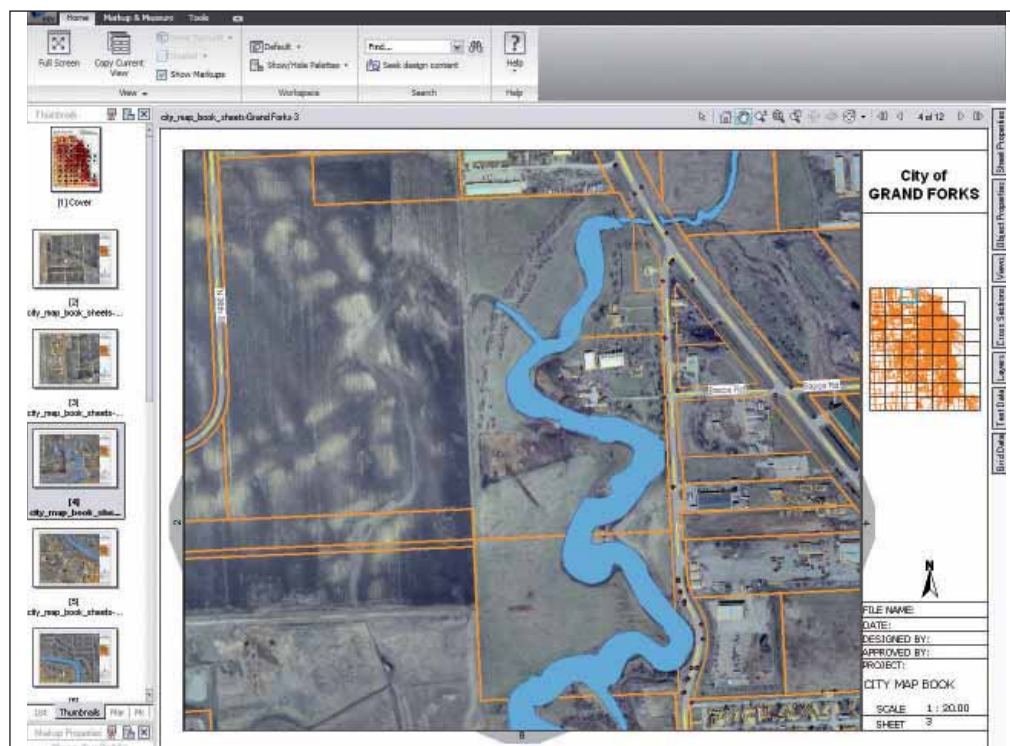


Fig. 10 È possibile realizzare in modo facile e veloce mappe, tratte da settori quali servizi, enti pubblici, risorse naturali, pianificazione, trasporti, precise e aggiornate. (Fonte Autodesk).

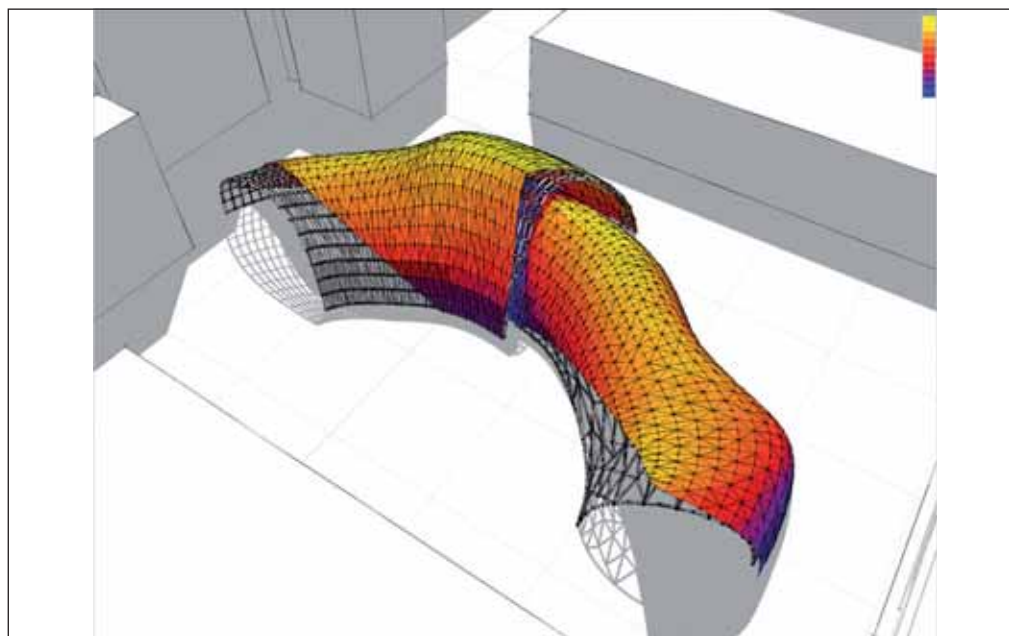


Fig. 11 Irraggiamento solare: permette la visualizzazione dell'irraggiamento solare su finestre e superfici per mostrare l'irraggiamento solare incidente differenziale calcolato su un determinato periodo di tempo. (Fonte Autodesk).



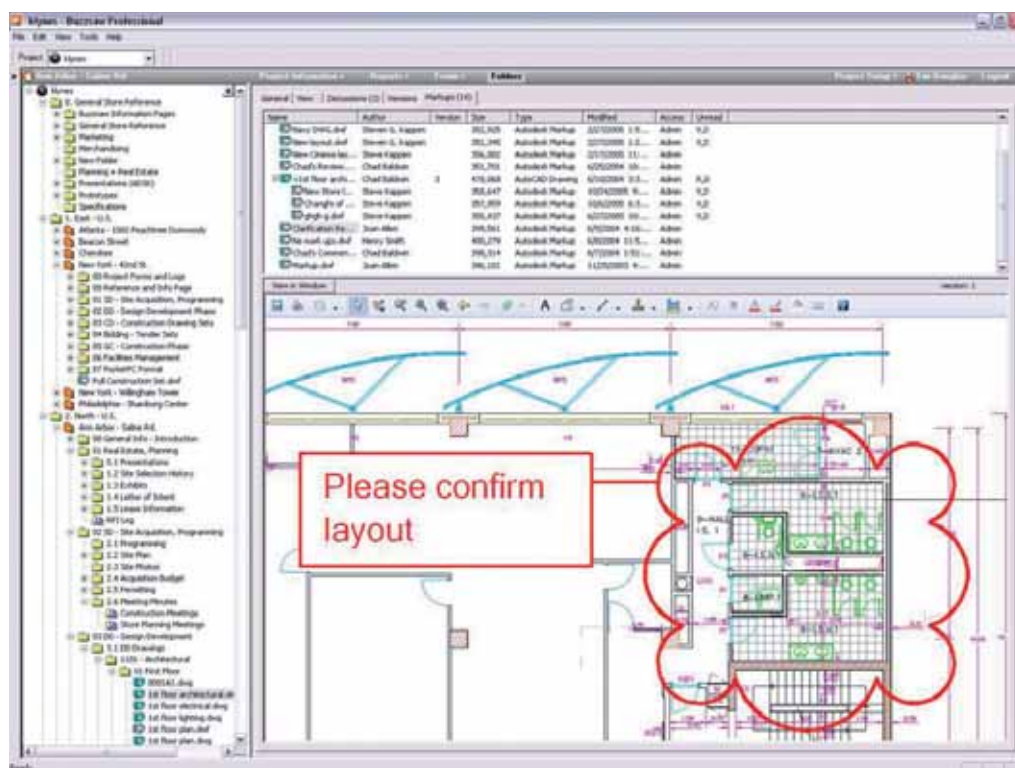


Fig. 12 I membri di un team di progettazione possono facilmente visualizzare e annotare disegni, mappe e modelli, semplificando la procedura di revisione e modifica, senza dover utilizzare il software originale di creazione del progetto. (Fonte Autodesk).

## 2.2 L'analisi preliminare

Con una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un edificio, architetti, ingegneri, costruttori, società di fornitura di energia e proprietari possono simulare le reali performance dell'edificio oggetto di riqualificazione, e giungere a decisioni in maniera più veloce e migliore.

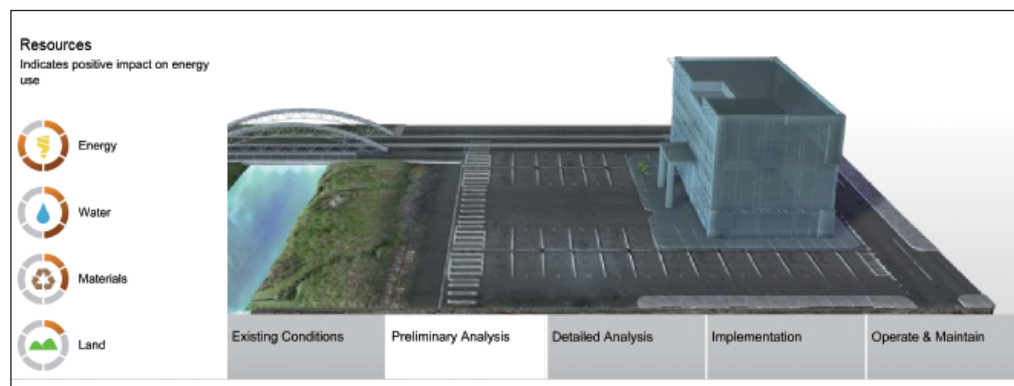


Fig. 13 Attraverso l'uso di sistemi BIM, si può valutare l'impatto ambientale sui consumi energetici dell'analisi preliminare del progetto di riqualificazione. (Fonte Autodesk - <http://usa.autodesk.com/>).

La comprensione accurata delle prestazioni reali di un edificio è indispensabile per intraprendere la decisione di riqualificare, che può migliorare il consumo di energia o acqua e ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> e evitare costi elevati per le future operazioni di manutenzione.

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Riduzione dei costi energetici, di costruzione e gestione</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• stabilire l'efficienza nei consumi energetici;</li> <li>• stabilire l'efficienza nei consumi idrici;</li> <li>• valutare le emissioni di CO<sub>2</sub>;</li> <li>• comprendere le opportunità di risparmio energetico, calcolando la classe di efficienza energetica;</li> <li>• controllare e confermare le osservazioni preliminari dell'analisi prestazionale in accordo con il proprietario dell'immobile o con l'energy manager.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• condurre un'analisi globale dei consumi energetici e idrici per meglio stimare i consumi reali e prevedere la possibilità di risparmio;</li> <li>• usare i dati climatici specifici del luogo per conoscere: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ventilazione naturale</li> <li>- disponibilità di fonti di energia rinnovabile.</li> </ul> </li> </ul> <b>Illuminazione naturale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• considerare soluzioni alternative per il miglioramento del progetto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software che conducano analisi in 3D per la distribuzione degli spazi e l'assegnazione delle destinazioni d'uso;</li> <li>• software che compiano semplici analisi sull'illuminazione naturale e la radiazione solare per comprenderne rapidamente i suoi effetti;</li> <li>• software che forniscano dati climatici dettagliati del sito di progetto;</li> <li>• software di valutazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> in tutte le fasi di vita dell'edificio;</li> <li>• software che visualizzino la radiazione solare incidente su finestre e superfici.</li> </ul>

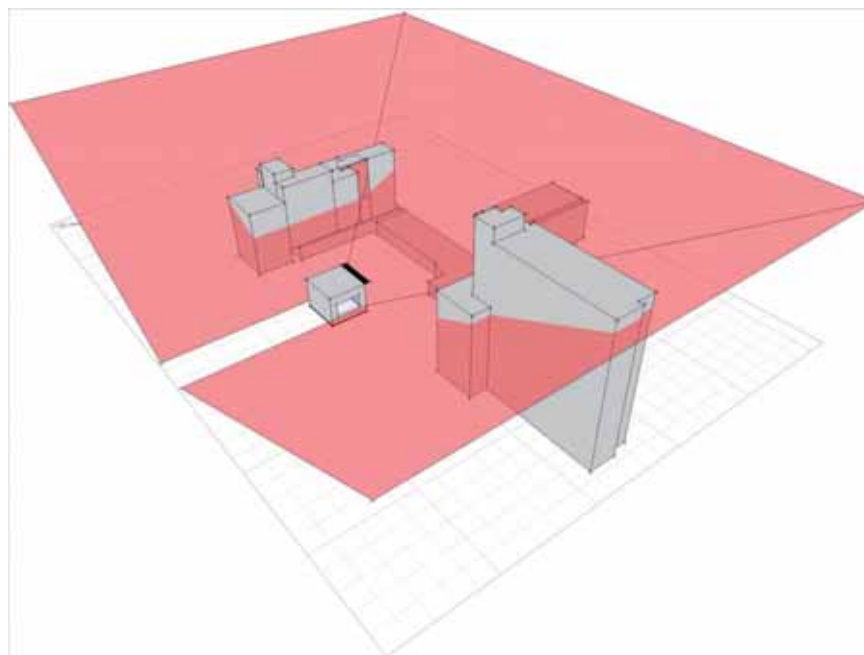


Fig. 14 Accesso alla luce: analisi degli angoli di proiezione del sito e valutazione delle ostruzioni, calcolo delle ombre. (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Prestazioni degli impianti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>stimare il consumo di energia e di acqua per gli impianti e gli elettrodomestici;</li> <li>specificare gli obiettivi prestazionali per raggiungere i requisiti energetici e impiantistici;</li> <li>analizzare la possibilità di ventilazione notturna.</li> </ul> <b>Classe di impianti HVAC<sup>7</sup></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>determinare il modello e la dimensione approssimativa dei sistemi di HVAC;</li> <li>valutare il consumo di acqua negli impianti di HVAC;</li> <li>considerare possibilità di ventilazione notturna;</li> </ul> <b>Impianti idrici</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>determinare la classe degli impianti idrici;</li> <li>valutare la richiesta di acqua potabile e non.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>realizzare una modellazione degli impianti esistenti, evidenziando il consumo di energia;</li> <li>analizzare i consumi sul nuovo modello in modo da considerare i nuovi spazi e le utenze, nella fase di post-qualificazione.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software per analizzare la possibilità di ventilazione naturale per il raffrescamento e per valutare l'entità di ventilazione meccanica necessaria;</li> <li>software per valutare il consumo di acqua determinato dal numero di utenti e dalla tipologia edilizia;</li> <li>software per calcolare i carichi energetici per raffrescamento e riscaldamento;</li> <li>software di calcolo delle prestazioni per determinare i picchi di richiesta termica per il riscaldamento e il raffrescamento.</li> </ul>
<b>Pianificazione territoriale</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>progettare accuratamente anche il paesaggio, con l'inserimento di parcheggi e grandi aree verdi;</li> <li>valutare la quantità di acqua piovana proveniente dalle coperture;</li> <li>promuovere la biodiversità inserendo grandi spazi aperti all'interno del sito;</li> <li>quantificare l'entità degli scavi e sbancamenti.</li> </ul> <b>Superfici e layout</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>massimizzare la ricarica e il deposito della falda acquifera;</li> </ul>	Riesaminare le diverse opzioni di progetto attraverso un'analisi integrata e strumenti di simulazione per: <ul style="list-style-type: none"> <li>studio di luci e ombre.</li> <li>analisi e progetto dei sistemi, naturali o artificiali, di drenaggio delle acque piovane.</li> <li>analisi dei suoli.</li> <li>buffering geospaziali<sup>8</sup>.</li> <li>analisi e progettazione dei pendii.</li> <li>individuazione degli alvei di esondazione.</li> <li>analisi e modellazione dei versanti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software per la progettazione e analisi dei processi di gestione dei sistemi di drenaggio, naturali o artificiali, più efficienti.</li> <li>software che includano i dati GIS nella progettazione ambientale e supportino l'analisi geospaziale per ottimizzare il layout del sito oggetto di riqualificazione.</li> <li>software per l'analisi del territorio per identificare i versanti soggetti ad erosione.</li> <li>software per il calcolo delle percentuali di terreno pavimentato e in ombra;</li> </ul>

(segue)

<sup>7</sup> HVAC è un acronimo inglese, molto usato in tutti i campi dell'industria, che sta per Heating, Ventilation and Air Conditioning, ovvero "riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria".

<sup>8</sup> Costruzione delle aree di rispetto.



(continua)

- considerare gli effetti dell'isola di calore;
- determinare le configurazioni del landscape e dell'hardscape.
- analisi delle aree esondabili;
- analisi dei materiali di superficie.
- software che mostrino la posizione e il percorso solari, le ombre, relative al modello di edificio in qualsiasi periodo dell'anno, ora del giorno e localizzazione.
- software di analisi di geometrie utili per l'esportazione in strumenti di dinamiche fluido-computazionali (CFD).

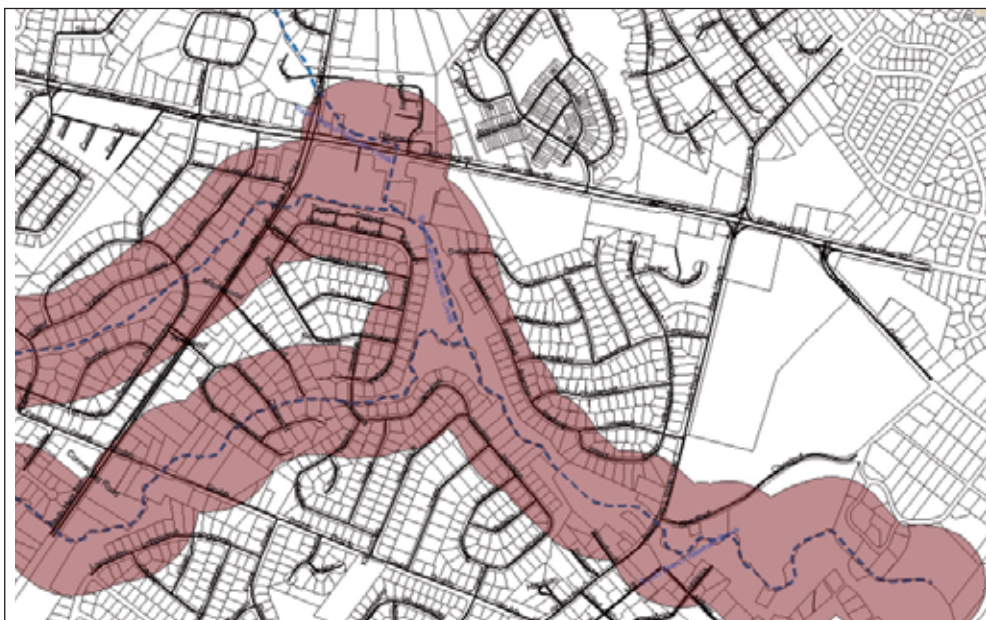


Fig. 15 Grazie all'analisi geospaziale, è possibile generare rapidamente buffer o condurre un'analisi del percorso delle aree vincolate. (Fonte Autodesk).

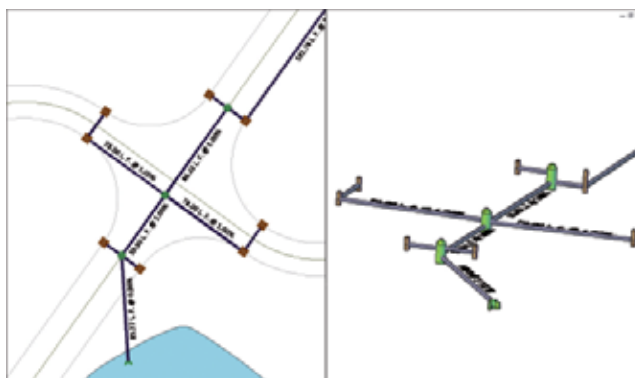


Fig. 16 Analisi integrata per la gestione delle acque meteoriche: gli strumenti integrati idraulici e idrologici consentono di analizzare le condizioni idrologiche precedenti e successive al progetto. È possibile utilizzare gli idrogrammi per studiare i modelli, le gallerie di drenaggio e i canali delle reti di condotte, per decisioni più sostenibili sulla progettazione delle acque meteoriche. Si possono generare rapporti. (Fonte Autodesk).

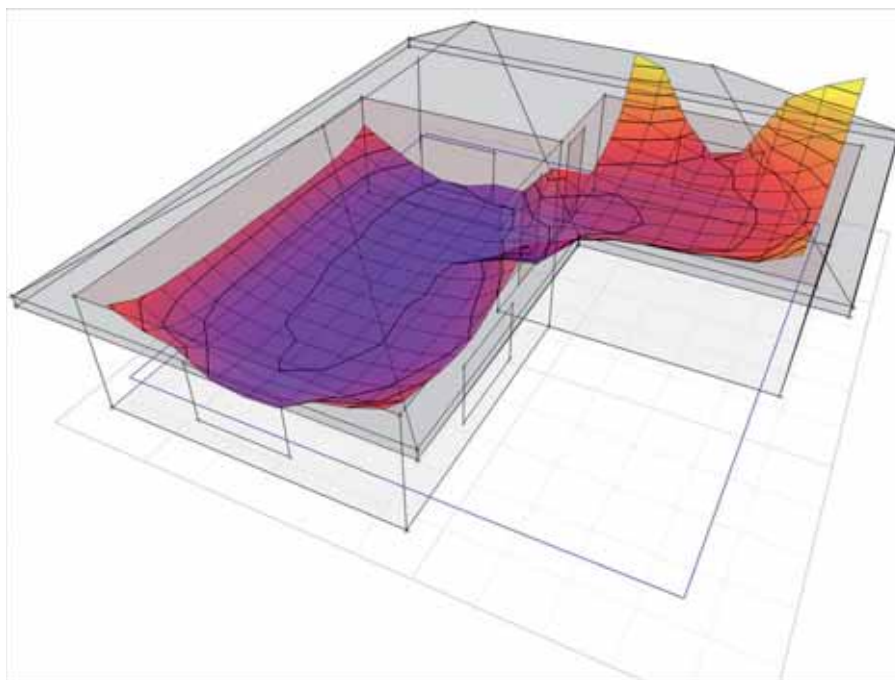


Fig. 17 Prestazioni termiche: calcolo dei carichi di riscaldamento e raffreddamento per modelli con qualsiasi numero di zone o tipo di geometria. (Fonte Autodesk).

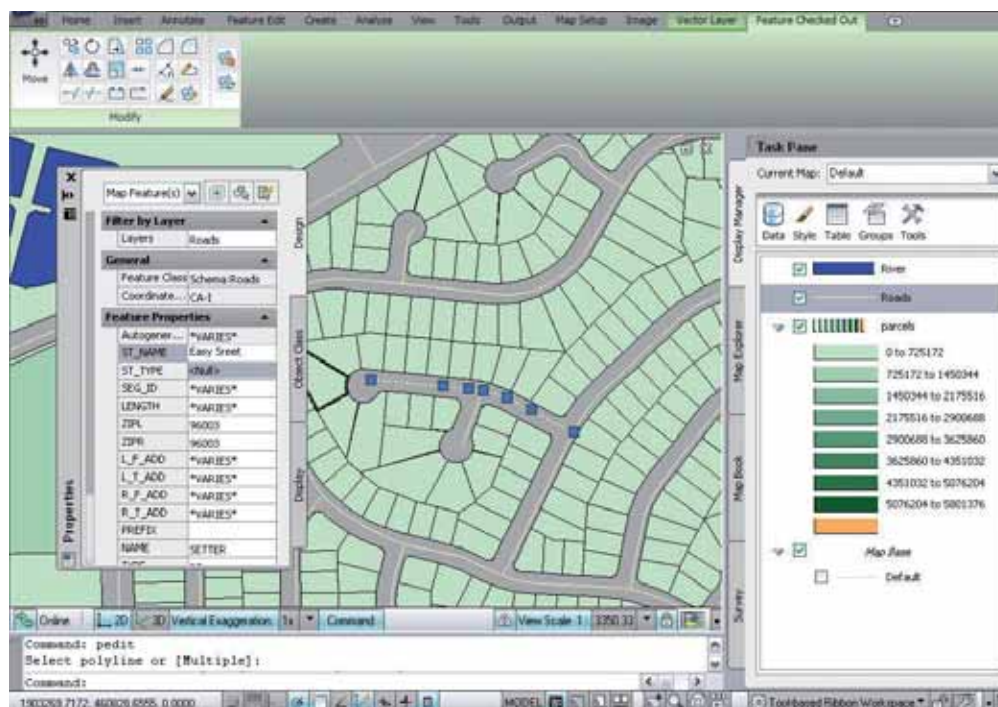


Fig. 18 Modifica con strumenti CAD dei dati geospaziali: i dati possono essere modificati direttamente per aggiungere attributi alle entità geografiche mediante calcoli sui dati e proprietà degli oggetti. (Fonte Autodesk).

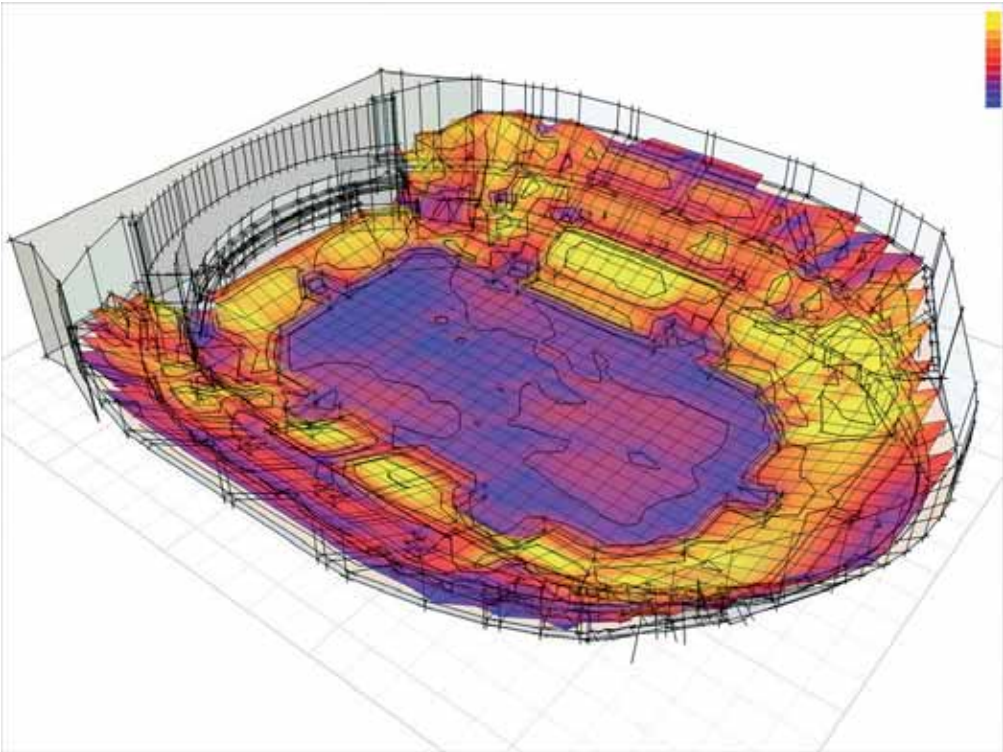


Fig. 19 I software possono generare le geometrie dei flussi della ventilazione e trasferirli direttamente a strumenti di computazione fluidodinamica (CFD). (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Gestione del portfolio</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• documentare e comprendere la documentazione di progetto;</li><li>• standardizzare un processo di verifica per l'incremento delle performance e di modifica degli impianti.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• convertire la documentazione 2D o le fotografie digitali in un modello BIM per raccogliere tutti i dati necessari all'analisi energetica;</li><li>• sviluppare e valutare la progettazione energetica attraverso il BIM.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• software che progetti, documenti e visualizzi i componenti edilizi;</li><li>• software di valutazione dei potenziali adeguamenti, delle capacità edilizie, degli adattamenti e dei costi, valendosi dei dati prodotti all'interno del modello;</li><li>• software di modellazione dei sistemi esistenti e di supporto alle misure di riqualificazione;</li><li>• software per l'automatizzazione della gestione del progetto e per la redazione dei documenti, che minimizzino le operazioni così da arrivare velocemente all'ultimazione;</li></ul>

(segue)



(continua)

295

### Gestione elettronica dei progetti

- gestione elettronica dei documenti per ridurre la produzione di quelli cartacei e diminuire l'impatto ambientale.

- utilizzare i dati forniti dal sistema BIM per ottimizzare risorse, costi e tempi;
- assumere un modello digitalizzato del progetto per coordinare i dati, i processi, i costi e i tempi lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio.

- software che supportino la creazione di un archivio centrale per tutte le informazioni di progetto;
- software per l'automatizzazione dei processi di impresa e del reporting;
- software di monitoraggio delle condizioni, delle performance e dei costi di progetto.

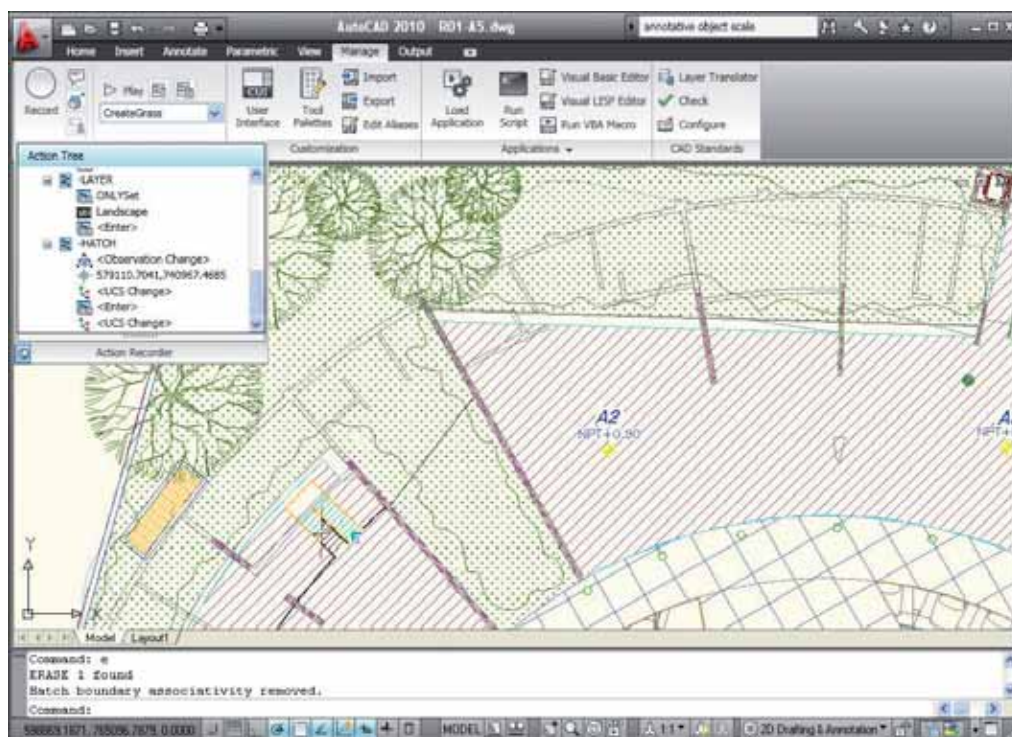


Fig. 20 Risparmiare tempo e aumentare la produttività si può: automatizzando le attività ripetitive senza dover ricorrere all'assistenza di un CAD manager. È possibile registrare le attività, aggiungere messaggi di testo e richiedere l'input dell'utente, per poi selezionare velocemente e riprodurre le macro registrate. (Fonte Autodesk).

## 2.3 L'analisi particolareggiata

Un'analisi dettagliata aiuta a determinare le misure di miglioramento ed ottimizzazione del sito, dei materiali, della struttura per un uso sostenibile, mantenendosi coerenti ai requisiti di qualità e agli obiettivi di performance stabiliti. Il BIM, insieme agli strumenti integrati di analisi energetica, aiuta a comprendere meglio come modifiche e miglioramenti degli edifici incidano sui consumi energetici, le emissioni di CO<sub>2</sub> e i costi.

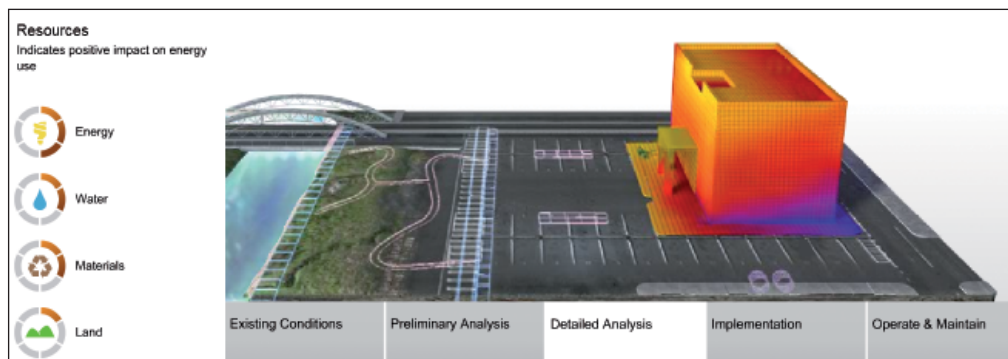


Fig. 21 Attraverso l'uso di sistemi BIM, si può valutare l'impatto ambientale sui consumi energetici e, sulla qualità dell'aria, le simulazioni luminose. (Fonte Autodesk – <http://usa.autodesk.com/>).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Strategie di riqualificazione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• esaminare alternative per un più efficace risparmio energetico;</li> <li>• stabilire un programma per raggiungere l'efficienza energetica;</li> <li>• calcolare i tempi di ammortamento di ogni misura riferiti ai risparmi che produce.</li> </ul> <p><b>Progettazione luminosa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• analizzare il controllo automatico dell'illuminazione e i benefici economici/energetici;</li> <li>• progettare l'illuminazione attenendosi all'ottimizzazione dell'illuminazione diurna;</li> <li>• adeguare l'illuminazione ad elevati requisiti prestazionali;</li> <li>• ridurre l'inquinamento luminoso, assicurando che l'illuminazione interna non si manifesti esternamente;</li> <li>• ottimizzare l'illuminazione esterna delle facciate o del paesaggio, considerando anche l'esigenza di sicurezza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esaminare i consumi energetici dell'edificio attuale in relazione alle prestazioni energetiche prestabilite;</li> <li>• avviare un'analisi energetica preliminare del modello virtuale di progetto perchè supporti le scelte decisionali.</li> </ul> <p><b>Illuminazione</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• realizzare specifiche analisi solari e di illuminazione;</li> <li>• stimare i consumi di energia e perfezionare le opzioni per migliorare l'efficienza;</li> <li>• valutare le emissioni di CO<sub>2</sub> e ricercare metodi per ridurle.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software che forniscano dati climatici dettagliati nel raggio di alcuni chilometri dal sito di progetto;</li> <li>• software di valutazione delle emissioni di CO<sub>2</sub> per tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio;</li> <li>• software di calcolo dei coefficienti di trasparenza dei vetri per ogni vano, per favorire l'illuminazione naturale;</li> <li>• software di modellazione, misurazione e documentazione della progettazione di luce diurna;</li> <li>• software che calcolino l'illuminazione di ogni vano;</li> <li>• software di visualizzazione per capire l'interazione della luce con le superfici esterne;</li> <li>• software di simulazione e analisi di illuminazione artificiale;</li> <li>• database online per ricercare e selezionare informazioni sui prodotti per l'illuminazione, incluso modelli 3D, disegni 2D e specifiche tecniche.</li> </ul>

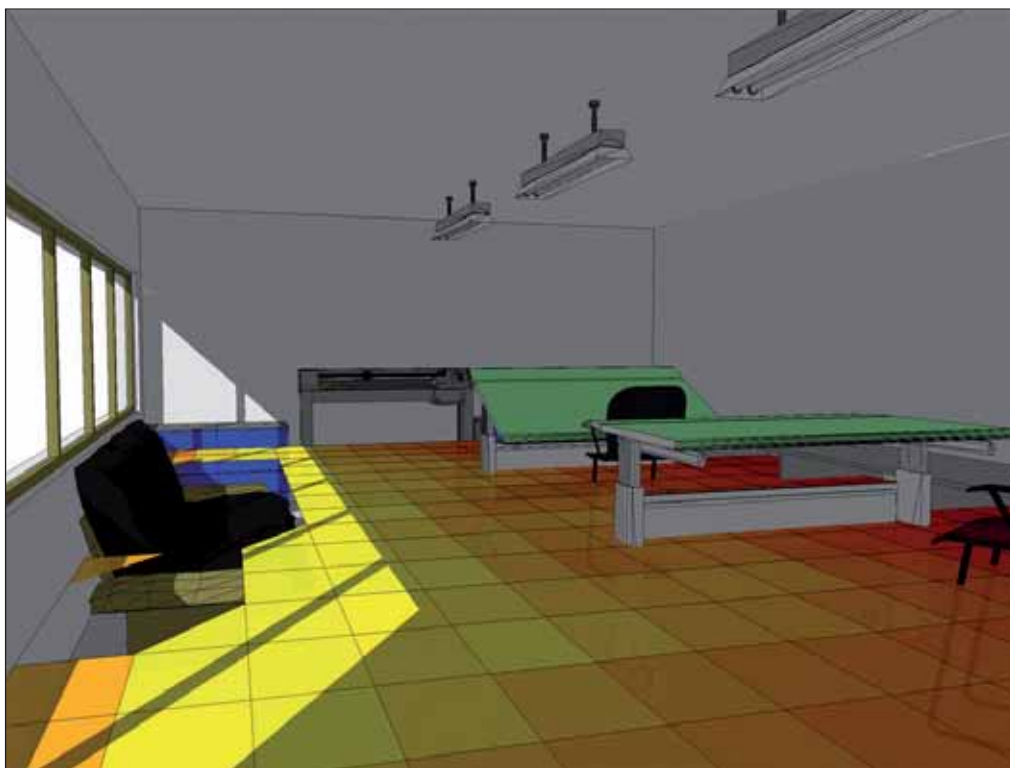


Fig. 22 Simulazione di fattori di illuminazione e livelli di luminanza in qualsiasi punto del modello. (Fonte Autodesk).a

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Qualità dell'aria interna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>determinare l'impatto sull'IAQ dell'apporto di quantità diverse di aria esterna;</li> <li>considerare il livello dei fattori di mitigazione e filtrazione, la qualità dell'aria esterna e la necessità di controllo della ventilazione;</li> <li>prevedere la possibilità di ventilazione serale e le possibilità di aumento di inquinamento esterno e interno.</li> <li>integrare la ventilazione naturale;</li> <li>progettare il controllo dei sistemi HVAC e della ventilazione naturale.</li> </ul>	<b>Qualità dell'aria interna</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>conoscere la quantità di energia necessari, per migliorare la qualità dell'aria negli ambienti interni, e potenziarne l'efficienza;</li> <li>valutare le emissioni di CO<sub>2</sub> e cercare di ridurne le quantità.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software di valutazione dei tempi necessari per raffrescare l'edificio con l'aria esterna e che determinino il raffrescamento meccanico, se necessario;</li> <li>software di calcolo delle prestazioni per determinare i picchi di richiesta termica per il riscaldamento e il raffrescamento;</li> <li>software di misurazione dell'impatto dei sistemi HVAC.</li> </ul>

(segue)



(continua)

<p><b>Dimensionamento degli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• scegliere impianti di HVAC ad elevata efficienza che raggiungano o superino i requisiti prestazionali;</li> <li>• selezionare impianti refrigeranti senza CFC<sup>9</sup> o con una quantità minima di HCFCs/HCFs per minimizzare il danneggiamento dell'ozono;</li> <li>• dismettere gli impianti refrigeranti che usano CFC o HCFCs/HCFs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilizzare i dati coordinati al modello dell'edificio per progettare gli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software di calcolo delle prestazioni per determinare i picchi di richiesta termica per il riscaldamento e il raffrescamento</li> <li>• software che aiutino a ridurre le incongruenze di progetto attraverso la scoperta di interferenza in tempo reale;</li> <li>• database che offrano la possibilità di scegliere sistemi HVAC con rilevanti caratteristiche prestazionali.</li> </ul>
<p><b>Dimensionamento dei condotti e delle tubazioni</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pianificare la dimensione ottimale dei sistemi di raffrescamento/riscaldamento per ottimizzare i consumi energetici;</li> <li>• progettare la distribuzione dei sistemi di HVAC per minimizzare le anomalie di pressione e controllare il consumo di energia;</li> <li>• attuare le soluzioni di potenziali incongruenze e interferenze.</li> </ul>		

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Approvvigionamento idrico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• dimensionare le tubazioni e selezionare la tipologia di materiale per soddisfare i requisiti di potabilità dell'acqua;</li> <li>• progettare sistemi di distribuzione e deposito di acque grigie/acqua piovana per limitare uso di acqua potabile.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• raggiungere obiettivi di efficienza idrica, valutando le quantità di acqua potabile e di acque grigie disponibili.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software di valutazione dei consumi idrici in rapporto a numero di utenti e tipologia di edificio, da cui si possano valutare misure di limitazione dei consumi;</li> <li>• software che valuti la quantità di acqua piovana che può essere raccolta sul sito e progetti gli impianti di recupero e raccolta.</li> </ul>

(segue)

<sup>9</sup> CFC, acronimo di clorofluorocarburi, è una famiglia di gas derivati dal metano e dall'etano, se parzialmente alogenati divengono idrofluorocarburi, HCFC. I CFC sono stati abbandonati perché dichiarati responsabili del "buco nell'ozono", ovvero della degradazione dello strato di ozono nell'alta atmosfera alle alte latitudini, sono stati sostituiti dagli HCFC e dai HFC, fluorocarburi.

(continua)

<b>Ottimizzazione della struttura</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• valutare l'impatto ambientale dei materiali selezionati;</li><li>• determinare i materiali per gli elementi strutturali e valutare l'impatto ambientale;</li><li>• considerare l'energia incorporata dei materiali, la gestione delle risorse e il contenuto di materiale riciclato.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• condurre l'analisi strutturale sul modello virtuale.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• software di analisi strutturale per la valutazione tra le alternative di un modello che riduca il consumo di materiale e la produzione di rifiuti.</li><li>• software che selezionino in un database prodotti e componenti edilizi ad alte prestazioni, a cui siano associate biblioteche di disegni.</li></ul>
<b>Pianificazione del sito</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• progettare gli spazi aperti per incoraggiare l'attività fisica e le passeggiate;</li><li>• limitare la disgregazione della naturale idrologia del luogo, limitando le aree impermeabili;</li><li>• aiutare gli utenti a ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, creando parcheggi per biciclette o veicoli con combustibili alternativi;</li><li>• valutare di inserire percorsi pedonali verso servizi di quartiere come banche e piccole attività commerciali.</li></ul> <b>Gestione delle acque piovane</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• massimizzare la ricarica della falda acquifera;</li><li>• progettare sistemi che includano il dimensionamento delle tubazioni, delle aree di raccolta, la fitodepurazione e i tetti verdi.</li><li>• ridurre l'inquinamento delle acque di prima pioggia e progettare sistemi di raccolta che aiutino la maggiore penetrazione nei suoli.</li><li>• valutare la tipologia di materiali usati per il progetto dei sistemi.</li></ul>	<b>Gestione delle acque piovane</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• valutare le tipologie di suolo.</li><li>• conoscere l'idraulica e l'idrologia del territorio.</li><li>• analizzare l'impatto di migliori pratiche di gestione delle acque piovane sulla riduzione dei carichi di sostanze inquinanti.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• software per la progettazione ed analisi di sistemi di gestione delle acque piovane, più efficienti.</li><li>• software che includano i dati GIS nella progettazione ambientale e supportino l'analisi geospaziale per ottimizzare il layout del sito oggetto di riqualificazione ed evitare aree umide e alvei di esondazione.</li><li>• software per l'analisi del territorio per identificare i versanti soggetti ad erosione.</li></ul>

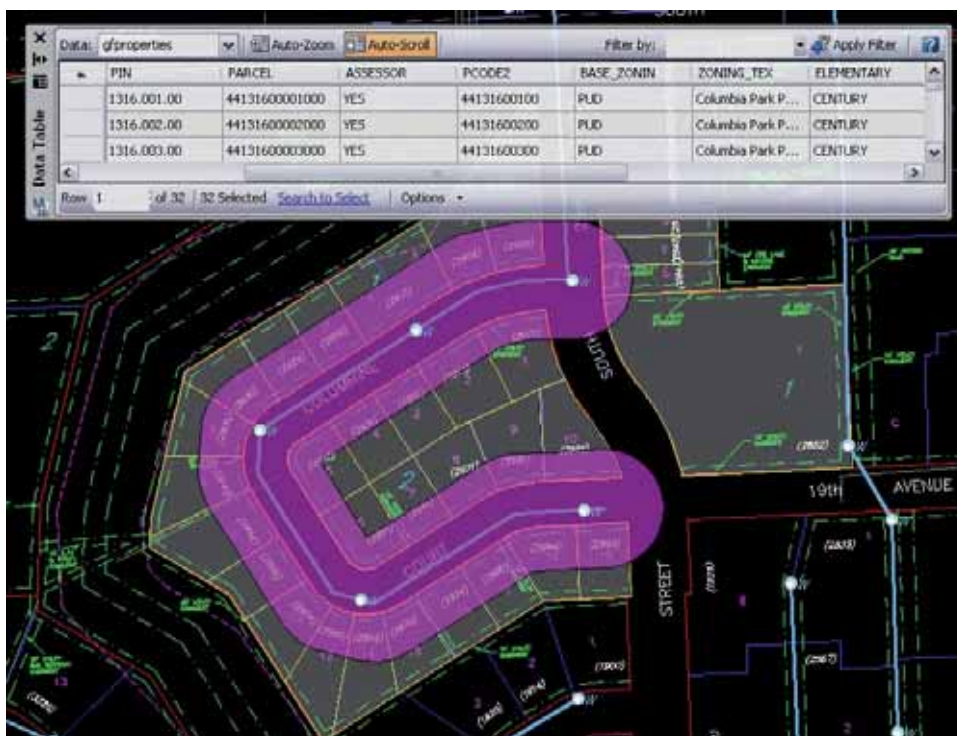


Fig. 23 Gli strumenti di analisi permettono di trovare risposte concrete a ogni dubbio e di prendere decisioni consapevoli sui dati a disposizione. Si possono collegare tra loro le informazioni in formati vettoriali e tabulari, eseguire query di dati, creare mappe tematiche, topologie, report, eseguire analisi di buffer, tracing e overlay e molto altro ancora. Grazie alla visualizzazione e alla valutazione più semplice delle informazioni geospaziali e di progettazione, si può agevolare la pianificazione e il processo decisionale. (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Gestione elettronica dei progetti</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>gestione elettronica di documenti per ridurre la produzione di quelli cartacei e diminuire l'impatto ambientale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>usare i dati-coordinate per il modello BIM per ottimizzare le risorse, i costi e la tempistica;</li> <li>assumere un modello digitale del progetto per coordinare informazioni, processi, costi e tempi lungo il ciclo di vita dell'edificio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software che supportino la creazione di un archivio centrale per tutte le informazioni di progetto;</li> <li>software per l'automatizzazione dei processi di impresa e del reporting;</li> <li>software di monitoraggio delle condizioni, delle performance e dei costi di progetto.</li> </ul>

## 2.4 La costruzione

I sistemi BIM offrono soluzioni per l'organizzazione, la progettazione e il coordinamento della sicurezza, la valutazione dei rischi, la stima dei costi, la prevenzione, la vigilanza e il controllo del cantiere: possono produrre tutti i documenti richiesti dal Testo Unico sulla Sicurezza e dalle linee guida di Regioni e Organi

competenti. L'interfaccia consente la gestione integrata delle funzioni: il coordinamento dei lavori, la valutazione del rischio e la determinazione dei costi sono tutti concentrati nell'analisi delle fasi di lavoro. Inoltre consentono di ottimizzare l'uso dei materiali e minimizzare l'alterazione dei siti durante la costruzione.



Fig. 24 Attraverso l'uso di sistemi BIM, si può valutare l'impatto ambientale sui consumi energetici della fase costruttiva. (Fonte Autodesk - <http://usa.autodesk.com/>).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Gestione elettronica dei progetti</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• proseguire la condivisione digitale della documentazione fra tutti i portatori di interesse;</li><li>• gestione elettronica di documenti per ridurre la produzione di quelli cartacei e diminuire l'impatto ambientale.</li></ul> <p><b>Realizzazione</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• realizzare risparmi nei costi e redditività del capitale investito attraverso tempi di realizzazione più brevi e riduzione dei costi di costruzione.</li></ul> <p><b>Conformità alle norme</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• revisionare la pianificazione per la conformità alle norme con gli enti amministrativi locali.</li></ul> <p><b>Efficienza energetica</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• prevedere più accuratamente i risparmi di energia durante le fasi di cantiere.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• utilizzare i dati BIM per ottimizzare le risorse, i costi e i tempi;</li><li>• creare un modello digitale del progetto per coordinare le informazioni, i processi, i costi e i tempi lungo tutto il ciclo di vita dell'edificio;</li></ul> <p>Servirsi del modello di edificio creato durante l'analisi preliminare e particolareggiata per:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• migliorare la collaborazione tra tutti i portatori di interesse;</li><li>• condurre audit energetici.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• software che automatizzino i processi di business e reporting;</li><li>• software che controllino le condizioni dell'edificio e le performance;</li><li>• software di stima dei costi di riqualificazione;</li><li>• software che progettino, documentino e visualizzino i componenti edilizi;</li><li>• software di revisione dei progetti, per il coordinamento 3D, la pianificazione 4D, la visualizzazione fotorealistica, la simulazione dinamica, la condivisione, il coordinamento e la comunicazione, riducendo i problemi durante le fasi di progettazione e costruzione;</li><li>• software che facilitino il trasferimento dei dati di progetto in altri programmi operativi.</li></ul>

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<p><b>Quantità di materiale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>progettare un'accurata stima dei materiali necessari per evitare sprechi e rifiuti;</li> <li>comunicare i problemi e risolvere i possibili conflitti prima di affidare i lavori di costruzione.</li> </ul> <p><b>Proprietà dei materiali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>scegliere i materiali con bassa energia incorporata;</li> <li>considerare l'uso di materiali locali.</li> </ul> <p><b>Impiego dei materiali</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>programmare la fase costruttiva in ambiente controllato per ridurre i rifiuti e l'impatto ambientale;</li> <li>valutare gli impatti ambientali dei materiali selezionati.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>utilizzare le informazioni del BIM per ottimizzare le risorse, i costi e i tempi;</li> <li>ricercare la possibilità di eventuali incongruenze tra gli elementi costruttivi;</li> <li>completare l'analisi di valutazione dei costi;</li> <li>utilizzare il processo del BIM per lavorare in modo collaborativo con le imprese di costruzione e comunicare gli intenti di progetto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>software per la raccolta e sincronizzazione dei dati di progetto e per la stima dei costi;</li> <li>software che permetta di ottenere automaticamente dal modello la quantità di materiale utilizzato;</li> <li>software di rappresentazione virtuale di dettagli esecutivi.</li> </ul>

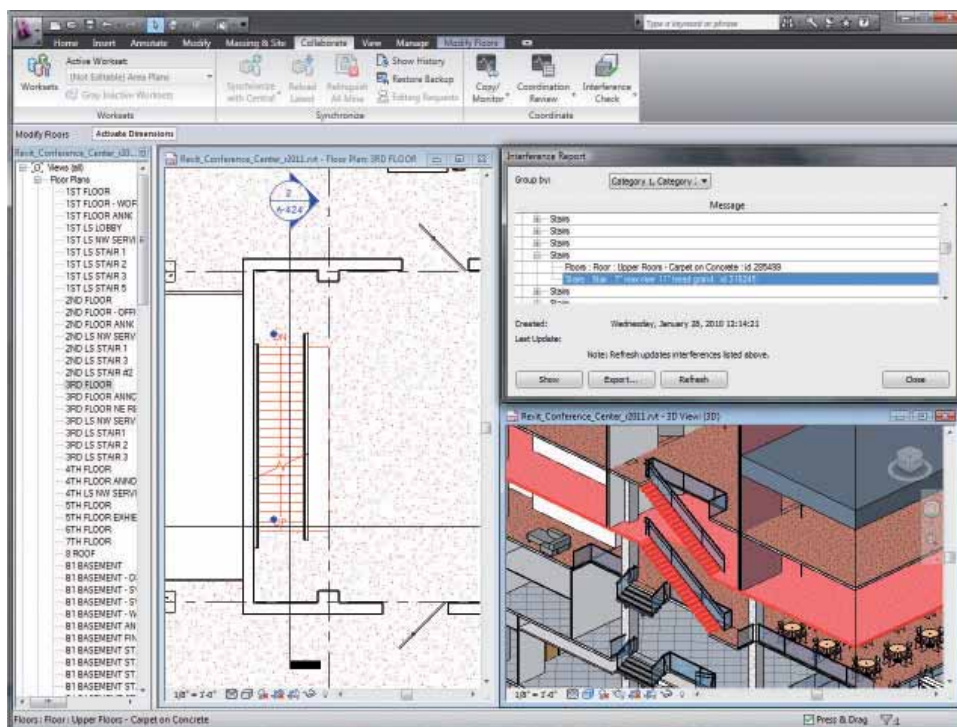


Fig. 25 Il controllo delle incognuenze progettuali è utile per rilevare nel modello eventuali anomalie tra gli elementi. (Fonte Autodesk).



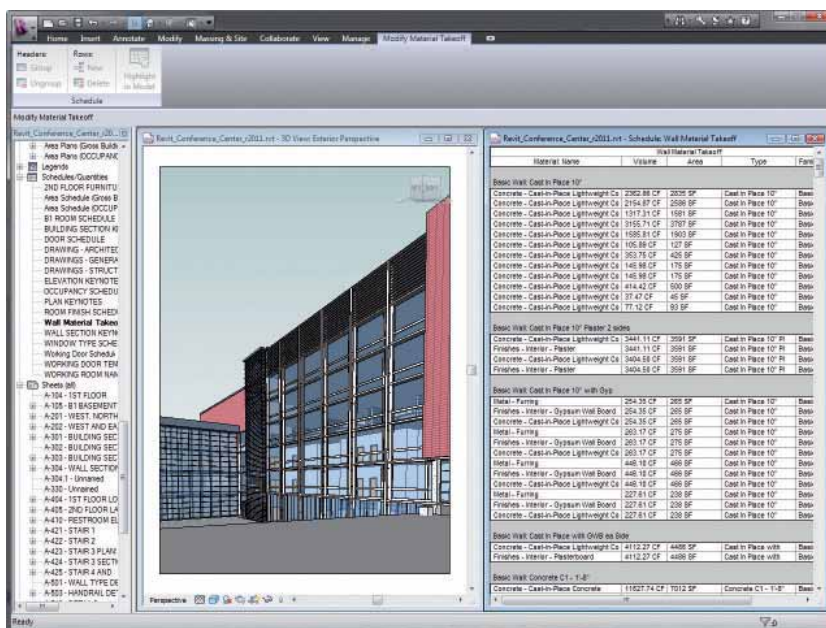


Fig. 26 Lo strumento “Computo” dei materiali permette di calcolare in modo preciso le quantità dei materiali ed è quindi adatto per applicazioni quali la progettazione sostenibile e la stima dei costi. Il motore di modifica parametrica contribuisce a garantire la precisione dei propri computi dei materiali. (Fonte Autodesk).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Configurazione del Sistema HVAC</b> <ul style="list-style-type: none"><li>assicurare la correttezza della configurazione e progettazione delle tubazioni dei sistemi HVAC.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>controllare il progetto e la normativa, per fare una valutazione del livello di efficienza attesa del sistema edilizio;</li><li>calcolare il dimensionamento di HVAC;</li><li>ricercare la possibilità di eventuali anomalie tra gli elementi.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>software che visualizzino il modello dettagliato ed aiutino a ridurre le incongruenze di progetto con scoperta di interferenza in tempo reale;</li><li>software che minimizzino errori di coordinazione tra la squadra di progettazione degli impianti, architetti, ed ingegneri strutturisti, attraverso la verifica di incongruenze all'origine.</li></ul>
<b>Gestione del cantiere</b> <ul style="list-style-type: none"><li>impedire il consumo di suolo e la perdita dei sistemi di drenaggio naturali durante la costruzione;</li><li>progettare l'ottimizzazione delle fasi di cantiere per limitare l'alterazione del sito e ridurre i tempi di utilizzo dei macchinari.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>calcolare i volumi di serra-</li><li>mento;</li><li>realizzare un piano di controllo delle aree in erosione e di sedimentazione per prevenire la perdita di suolo verso l'esterno del cantiere, la sedimentazione nei canali fognari e nei corpi idrici e l'inquinamento dell'aria causato dallo sviluppo di polveri;</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>software che visualizzi il progetto dell'edificio nel contesto territoriale;</li><li>software di prefigurazione di scenari di sbancamenti per limitare i trasporti di suolo sia all'interno che fuori dal cantiere.</li></ul>



(continua)

- valutare di costruire in ambienti controllati per ridurre gli sprechi e minimizzare gli impatti ambientali sull'area;
- predisporre un piano per l'automazione delle fasi costruttive per ridurre gli impatti ambientali e le emissioni di CO<sub>2</sub>;
- pianificare la gestione dei rifiuti, effettuando una raccolta differenziata direttamente in cantiere, per inviare i materiali a recupero o riciclo;
- eseguire un esame dei materiali e i relativi tempi di dismissione per ridurli.
- software che generino disegni per l'uso in GPS, per il controllo delle macchine movimento terra, così da risparmiare tempi e consumo di carburanti.

## 2.5 La gestione e manutenzione

Un edificio sostenibile è per definizione durevole, quindi dovrebbe continuare a servire utilmente la comunità sul lungo periodo con una minima impronta ambientale, ciò comprende sia la fase di appalto, che di utilizzo e cessione.

Il flusso di lavoro integrato del BIM consente agli attori-chiave del processo di impiegare le informazioni del disegno digitale per disegnare, simulare, visualizzare e gestire gli edifici ed esaminare le loro prestazioni: risponde all'esigenza di disporre di dati necessari alla pianificazione delle attività manutentive. È un'utile sistema in grado di fornire un quadro conoscitivo generale capace di fornire i dati e le indicazioni sintetiche indispensabili per la manutenzione programmata: l'individuazione della durata di vita utile di componenti e parti d'opera; l'elencazione dei probabili degradi e guasti; la frequenza, individuata su base statistica, di tali attività.

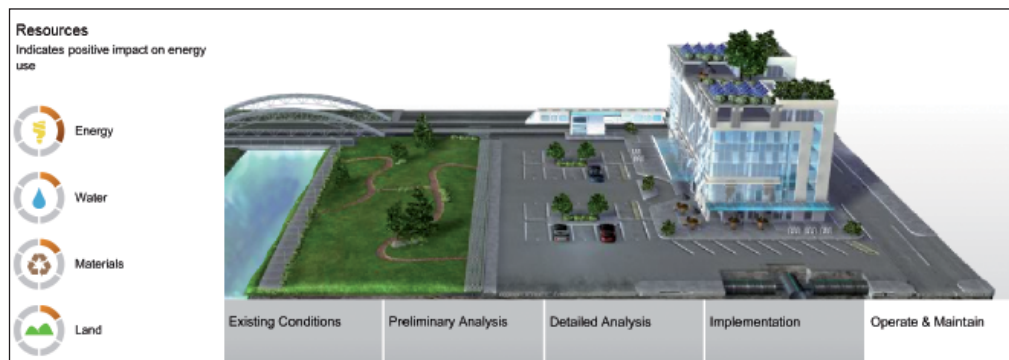


Fig. 27 Attraverso l'uso di sistemi BIM, si può valutare l'impatto ambientale sui consumi energetici delle fasi di gestione e manutenzione dell'edificio riqualificato. (Fonte Autodesk – <http://usa.autodesk.com/>).

SCELTE PROGETTUALI	MODALITÀ	STRUMENTI
<b>Valutazione e Controllo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• assicurarsi, prima dell'inseadimento degli utenti, che i sistemi tecnologici siano efficienti come da progetto;</li> <li>• informare gli addetti alla manutenzione sul corretto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• assumere la documentazione digitale dell'edificio, prodotta dal BIM, per ottimizzare l'efficienza energetica del progetto, ridurre i rifiuti e abbassare le spese d'esercizio nell'intero ciclo di vita.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• software che creino un archivio centrale per tutte le informazioni di progetto più sicuri e con accesso riservato;</li> <li>• software che controllino le condizioni dell'edificio e le performance.</li> </ul>

(segue)

(continua)

funzionamento dei sistemi tecnologici.

#### **Certificazioni**

- preparare la documentazione necessaria contenente i dati dell'edificio per ottenere una certificazione energetica.

#### **Manutenzione del sistema edificio**

- utilizzare le informazioni sull'edificio per future opere di riqualificazione e manutenzione.

#### **Valutazione Post-Occupancy**

- valutare il funzionamento dei sistemi tecnologici dopo 12 mesi dall'occupazione.
- intervistare i residenti per determinare le performance dell'edificio.
- raggiungere prestazioni dell'edificio tali da ottenere riconoscimenti ufficiali, quali certificazioni o marchi.

#### **Modello di Analisi dei miglioramenti apportati dai locatari**

- assicurarsi che tutti i locatari utilizzino un'unica procedura di analisi dei consumi energetici ed idrici.

#### **Gestione elettronica dei progetti as-built<sup>10</sup>**

- creare modelli per l'analisi energetica e idrica.
- creare, attraverso i sistemi BIM, le condizioni favorevoli ai proprietari per continuare a sviluppare l'efficienza energetica, la sostenibilità durante tutto il ciclo di vita dell'edificio.

- software che automatizzino i processi di business e reporting.
- software per il disegno e la documentazione, che visualizzi le caratteristiche fisiche e funzionali del progetto.
- software di stima dei costi di riqualificazione.
- software per l'analisi energetica, dei consumi idrici e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.
- software di calcolo delle prestazioni energetiche per determinare i picchi di richiesta termica per il riscaldamento e il raffrescamento.

305

<sup>10</sup> Per *as built* si intendono i disegni che descrivono l'opera come è stata effettivamente costruita, a seguito di modifiche progettuali in corso d'opera o di difformità fra progetto e realizzazione; costituiscono l'archivio del progetto e devono essere consegnati al cliente o al servizio manutenzione e gestione per la corretta attuazione degli interventi di manutenzione o di emergenza.



## ■ Bibliografia essenziale

### Capitolo 1

- A. Battisti F. Tucci, *Qualità ed ecoefficienza delle trasformazioni urbane*, Alinea Editrice, 2002. (Presentazione di Salvatore Dierna e Fabrizio Orlandi)
- A.I. Del Monaco (a cura di), *Corviale Accomplished, Uno studio per Corviale*, Casa editrice La Sapienza, Roma, 2009.
- S. Dierna F. Orlandi, *Buone Pratiche per il Quartiere Ecologico. Linee-guida di progettazione sostenibile nella città della trasformazione*, Alinea Editrice, Firenze, 2005.
- S. Dierna F. Orlandi, *Ecoefficienza per la città diffusa*, Alinea Editrice, Roma, 2008.
- G. Franco, *Riqualificare l'edilizia contemporanea*, Franco Angeli, Milano, 2003.
- D. Gauzin-Müller, *Architettura sostenibile – 29 esempi europei di urbanistica*, EA Edizioni Ambiente, Milano, 2007.
- P. Gaffron G. Huisman, F. Skala, *Ecocity – A better place to live*, Facultas Verlags- und Buchhandels AG, Vienna, 2005.
- L. Malighetti, *Recupero edilizio e sostenibilità*, ilSole24ore, Milano, 2004.
- M. Rizzi (a cura di), *Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti*, Provincia di Udine, 2006.
- A. Magnaghi R. Paloscia (a cura di), *Per una trasformazione ecologica degli insediamenti*, Franco Angeli, Milano 1992.
- E. Oleotto (a cura di), *Edifici Scolastici Ecocompatibili – Vol.1/ 2, Progetti per una scuola sostenibile*, Edicom, Monfalcone (GO), 2007.
- F. Orlandi M. Marocco, *Qualità del Comfort Ambientale*, Editrice Librerie Dedalo, Roma, 2000.
- T. Herzog, *Energia solare in Architettura e Pianificazione urbana*, Prestel, München, 1996.
- F. Sartogo, *Saline di Ostia antica. Un progetto.*, Alinea Editrice, Firenze, 2000.

### Capitolo 2

- S. Alessandro G. Barbera, G. Silvestrini, *Stato dell'arte delle ricerche concernenti l'interazione energetica tra vegetazione e ambiente costruito*, CNR- IEREN, 13, Palermo, 1987.

- M.-J. Antoine D. Groleau, *Assessing solar energy and environmental variables in urban outdoor spaces: a simulation tool*, in: "Rebuild the European cities of Tomorrow: Shaping our European cities for the 21st Century. Proc. of the 2nd European Conference", ETA, Florence, 1998.
- H. Akbari S. Davis S. Dorsano J. Huang & S. Winnett (eds), *Cooling our Cities: A Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*, EPA Office of Policy Analysis, US Superintendent of Documents, Washington DC, 1992.
- H. Akbari R. Levinson, *Status of cool roof standards in the United States*. In 2<sup>nd</sup> "Palenc conference proceedings" Vol 1. Santamouris, Wouters Ed., Atene, 2007.
- D. S. Alvarez et al., *Control climatico en espacios abiertos. El proyecto EXPO '92*, Dep. de Ingenieria Energetica y Mecanica de Fluidos, Universidad de Sevilla, Editorial CIEMAT, Madrid, 1992.
- A. Angelotti V. Dessì G. Scudo, *The evaluation of thermal comfort conditions in simplified urban spaces: the COMFA+ model*, in: "Proceedings of the 2nd PALENC & 28th AIVC Conference", Crete, 2007.
- A. Bernatzky, *The ecology and the preservation*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1978.
- P. Bosselmann, *Representation of places reality and realism in city design*, Berkeley University of California Press, Los Angeles, London, 1998.
- A. Chermayeff T. Alexander, *La forma dell'ambiente collettivo*. Il saggiatore ed., Milano, 1972.
- G. Consonni, *Dalla radura alla rete*. Ed. Unicopoli, Milano, 2000.
- C. Cooper Marcus C. Francis (Editors) *People places*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1998.
- V. Dessì, *Progettare il comfort urbano. Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Esselibri, Napoli, 2007.
- J. Gehl, *Life between buildings: Using public space*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1987 (tr. It. Vita in città: spazio urbano e relazioni sociali. Maggioli, Rimini, 1991).
- M. Grosso G. Peretti S. Piardi G. Scudo, *Progettazione ecocompatibile dell'architettura. Concetti e metodi, strumenti d'analisi, esempi applicativi*. Sistemi editoriali, Esselibri, Napoli, 2005.
- Gruppo ABC, *Morphologie, végétale et microclimates urbains. Cas d'Aix en Provence et Nimes. Tome 2, les mesures*, Plan urbain, Ministre de l'Equipement, du tourisme et des Transport, Marseille, 1997.



- B. Givoni, *Man, climate and architecture*. Elsevier, London, 1969.
- M. Grosso G. Peretti S. Piardi G. Scudo, *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Esselibri, Sistemi Editoriali, Napoli, 2005.
- P. Höpfe, *Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort*. In "Energy and Buildings" n°34, 2002.
- J. Jacobs, *Vita e morte delle grandi città: saggio sulle metropoli americane*. Einaudi, Torino, 1969.
- K. Lynch, *A theory of Good City Form*, MIT Press, Cambridge, 1980.
- S. Los, *Una grammatica tipologica per l'architettura sostenibile*. In "L'architettura naturale". Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), n°2, 1998.
- V. Olgyay, *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*, Princeton University Press, Princeton, 1963.
- M. Santamouris L. Doulos, *Comparative study o almost 70 different materials for streets and Pavements*. M. sc. Final Report University of Athens, Department of physics, Athens, 2001.
- G. Scudo M. Ochoa De La Torre, *Spazi Verdi urbani. La vegetazione come strumento di progetto per il comfort ambientale negli spazi abitati*. Esselibri, Napoli, 2003.

### Capitolo 3

- P. Gallo M. Sala, *Refurbishment and addition of large greenhouse to historic building in warm climate*, N.V.Baker (a cura di) in: "The Handbook of Sustainable Refurbishment. Non Domestic Buildings". Earthscan, Londra, 2009.
- P. Gallo, *Intervista a Mario Cucinella. Le coperture: una questione di energia*. In "Costruire in Laterizio", n° 116, Faenza Editrice, Marzo/Aprile 2007.
- P. Gallo M. Sala, *Metodologie di approccio per la definizione degli indicatori di prestazione energetica per la riqualificazione edilizia delle aree vulnerabili*. M.I. Amirante, a cura di. In: "Effettocittà Stare vs Transitare. La riqualificazione delle aree dismesse di Napoli". Alinea Editrice, Firenze, 2008.
- P. Gallo, *Recupero edilizio sostenibile. Esempi di riqualificazione residenziale in Europa*, in "Il Giornale dell'Architettura", Anno 3 n° 24, Ottobre 2009.
- P. Gallo, *Progettazione sostenibile*, Alinea Editore, Firenze, 2004.
- M. Grosso, *Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato*, Maggioli Editore, Rimini, 2008.

- M. Grosso G. Peretti S. Riardi G. Scudo, *Progettazione ecocompatibile dell'architettura*, Esselibri Simone Editore, Napoli, 2005.
- M. Santamouris, *Natural ventilation in buildings – a design handbook*, James & James, 1998.
- M. Sala, a cura di, *Schermature Solari*, Alinea Editrice, Firenze, 2000.
- L. Ceccherini Nelli, *Fotovoltaico in architettura*, Alinea Editrice, Firenze, 2006.
- S. Altomonte, *L'involucro architettonico come interfaccia dinamica. Strumenti e criteri per un'architettura sostenibile*, Editrice Alinea, Firenze, 2004.
- R. Banham, *The Architecture of the Well – Tempered Environment*, Architectural Press, Londra, 1969.
- V. Olgyay, *Progettare con il clima. Un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, Franco Muzzio Editore, Padova, 1981.
- F. Tucci, *Involucro ben temperato*, Alinea, Firenze, 2006.

## ■ Bibliografia ragionata

### 1 Introduzione alla letteratura recente sul tema della riqualificazione bioclimatica edilizia e urbana

Oltre alla necessità di diffondere e spiegare le nuove tecnologie e normative per rispondere alle istanze della società, attualmente si presenta una necessità di formazione sia a livello di didattica accademica che di aggiornamento professionale. La produzione scientifica letteraria sul tema della riqualificazione bioclimatica edilizia e urbana è di ampia portata; gli autori sono ingegneri, architetti e fisici di grande esperienza professionale, spesso impegnati anche nella ricerca scientifica, supportati dai contributi di figure illustri del settore.

La bibliografia di seguito illustrata si innesta in uno spazio di pubblicazione che oscilla fra il 1998 e il 2010, mostrando un intento di aggiornamento.

Per avere una visione analitica dell'attività letteraria sul tema della riqualificazione bioclimatica si possono suddividere le pubblicazioni in testi di carattere generale e altri più specifici, sia per quanto riguarda l'edificio che le aree urbane. Questa appendice ospita vari elenchi bibliografici di volumi, raggruppati nei 2 macro-temi caratterizzanti questo saggio sul recupero bioclimatico: lo spazio urbano e l'edificio, sezioni a loro volta suddivise in sub-sistemi tematici, per facilitare la ricerca delle opere.

#### 1.1 Opere di carattere generale

Questi manuali affrontano il tema della valutazione ambientale del costruito che, insieme a quello dell'efficienza energetica, rappresenta uno degli obiettivi fondamentali della progettazione ecocompatibile, approfondendone le problematiche architettoniche e tecniche, indispensabili per delineare l'idea di sostenibilità che si sta costituendo nei paesi industrializzati.

I volumi costituiscono, nel loro insieme, una completa guida per la progettazione all'insegna della sostenibilità e del rendimento energetico, partendo dalla presentazione dei fondamenti generali relativi a sostenibilità, energia, condizioni climatiche e benessere: attraverso la teoria costruttiva e l'analisi della normativa, vengono sviluppati i temi legati alla progettazione ed esecuzione di interventi, come spazio urbano e infrastrutture, involucro e tecnologia degli edifici. I saggi includono l'analisi - attraverso un'ampia documentazione contenente disegni e foto di spazi interni ed esterni, la pianificazione delle fasi di progettazione e i metodi di costruzione - di una ricca rassegna di casi studio internazionali e italiani, selezionati tra progetti attuali, che risaltano per la particolare interpretazione architettonica.

Questa specifica letteratura diventa un utile riferimento, suggerendo alternative tecniche e opzioni costruttive diversificate e proponendo varie possibilità di intervento, la cui valutazione e scelta finale rimane, comunque, di competenza del progettista, a seconda dei casi e delle condizioni al contorno, che di volta in volta si presenteranno. Si approfondiscono quindi argomenti come la pianificazione della fase definitiva ed esecutiva della progettazione, lo studio dei problemi progettuali, considerando anche i costi di costruzione. Vengono anche illustrati temi come il clima e il microclima, l'illuminazione, l'inquinamento acustico, la protezione dall'umidità, i materiali da costruzione, l'integrazione degli edifici con l'ambiente e con i sistemi dei trasporti, la riduzione delle emissioni inquinanti e dei rifiuti. Ampio spazio è dato anche alle fonti alternative di energia rinnovabile (in particolare fotovoltaico, solare termico ed eolico), chiarendo la tecnologia, le applicazioni, sino al dimensionamento degli impianti e agli iter autorizzativi per la richiesta di installazione.

In questo ambito alcuni testi nascono con la finalità di essere per i professionisti una guida estremamente applicativa sulla certificazione energetica degli edifici, facendo riferimento alle linee guida nazionali.

AA.VV.

**L'Italia si trasforma + Qualità - Energia**

BE-MA Editrice, Milano, 2008.

AA.VV.

**L'efficienza energetica nei regolamenti edilizi**

Linee guida.

Provincia di Milano, Direzione centrale Risorse Ambientali, 2006.

B. Bartoli

**Sostenibile dalla A alla Z**

Esselibri - Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2008.

S. Bruno

**Manuale di bioarchitettura.**

Bioedilizia e fonti alternative di energia rinnovabile.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

M. Boscolo K. Fabbri

**Diagnosi energetica degli edifici**

Guida all'uso della strumentazione per il certificatore energetico.

DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2009.

E. Burrone R. Roda, a cura di,

**Sostenibilità, ecologia, alta efficienza energetica**

Alinea Editrice, Firenze 2008.

L. Castelli, a cura di,  
**Architettura sostenibile**  
 UTET Scienze Tecniche, Torino, 2008.

L. Ceccherini Nelli, a cura di,  
**Economia della sostenibilità**  
 Alinea editrice, Firenze, 2004.

G. Dall'Ò M. Gamberale G. Silvestrini  
**Manuale della certificazione energetica degli edifici**  
 Norme, procedure e strategie d'intervento.  
 Edizioni Ambiente srl, Milano, 2008.

S. De Pascalis  
**Progettazione bioclimatica**  
 Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2005.

C. Gallo  
**L'efficienza energetica degli edifici**  
 Principi di sostenibilità e strumenti gestionali e di mercato.  
 Aggiornato con il DLgs. n. 192/2005 di attuazione della direttiva 2002/91/CE.  
 Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2006.

P. Gallo, a cura di,  
**Progettazione sostenibile**  
 Alinea Editrice, Firenze, 2005.

V. Gangemi, a cura di,  
**Riciclare in architettura**  
 Scenari innovativi della cultura del progetto.  
 contributi di M. Bottero, M. Grosso, V. Legnante, M. Marocco, N. Sinopoli.  
 CLEAN Edizioni, Napoli, 2004.

J. Gaspari  
**Innovazione tecnologica e sostenibilità nelle costruzioni**  
 Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2008.

S. Halliday  
**Green Guide to the Architect's Job Book**  
 RIBA Publication, London, UK, 2007.

M. Hegger M. Fuchs T. Stark M. Zeumer, a cura di,  
**Atlante della sostenibilità**  
 UTET Scienze Tecniche, Torino, 2008.

M. Keeler B. Burke  
**Fundamentals of Integrated Design for Sustainable Building**  
 Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2009.

V. Lattanzi

**Certificazione energetica degli edifici**

Progettazione e guida all'applicazione della legislazione e della normativa.  
Legislazione Tecnica Editrice S.r.l., Roma, 2009.

D. Lavermicocca

**La certificazione energetica degli edifici**

Legislazione nazionale e regionale - Applicazioni e metodologie di calcolo -  
Competenze e responsabilità - Fiscalità e incentivi.  
UTET Scienze Tecniche, Torino, 2009.

M. Losasso

**Progetto e innovazione**

Nuovi scenari per la costruzione e la sostenibilità del progetto architettonico.  
CLEAN Edizioni, Napoli, 2005.

A. Magrini L. Cattani

**Prestazioni energetiche degli edifici residenziali**

Esempi di calcolo secondo la norma UNI TS 11300.  
EPC Libri, Roma, 2009.

G. Minguzzi, a cura di,

**Architettura sostenibile**

Una scelta responsabile per uno sviluppo equilibrato.  
SKIRA, Milano, 2009.

G. Minguzzi

**Architettura Sostenibile**

Processo costruttivo e criteri biocompatibili.  
SKIRA, Milano, 2006.

A. Rogora

**Architettura e bioclimatica**

La rappresentanza dell'energia nel progetto.  
Esselibri - Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2003.

L. De Santoli

**La gestione energetica degli edifici**

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2010.

P. Sassi

**Strategie per l'architettura sostenibile**

I fondamenti di un nuovo approccio al progetto.  
Edizioni Ambiente srl, Milano, 2008.

P.F. Smith

**Building for a Changing Climate**



The Challenge for Construction, Planning and Energy.  
Ed. Earthscan Ltd., London, UK, 2009.

S. L. Spagnolo  
**Guida alla certificazione energetica**  
con CD-Rom.  
Maggioli Editore, Rimini, 2010.

U. Wienke  
**Manuale di bioedilizia**  
DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2008.

## **1.2 Testi di carattere tecnico sull'architettura bioclimatica e i sistemi costruttivi sostenibili**

Frutto dell'esperienza di diversi professionisti, operanti da anni nel settore, sono manuali di primo riferimento per la progettazione: affrontano tutti i temi e le questioni della progettazione sostenibile, con un'impostazione interdisciplinare, offrendo note di metodo, nozioni di base indispensabili, informazioni tecniche e pratico-operative. Sono quindi volumi operativi, fondamentali per la progettazione degli edifici, con l'obiettivo di ottenere elevati livelli di comfort abitativo e una sensibile riduzione dell'impatto ambientale e dei consumi energetici. Con completezza e sistematicità, forniscono indicazioni chiare e di prima utilità per il professionista; sono infatti trattati: la progettazione bioclimatica, il risparmio energetico, le tecnologie costruttive e le tipologie di impianti specifici per la bioclimatica. Si possono consultare ampie sezioni di progetti, dettagli e particolari costruttivi, e un ricco apparato iconografico, accompagnato da esempi, progetti e voci di capitolato.

Spesso i volumi sono abbinati a manuali, su Cd Rom, con disegni esecutivi in formato DWG e DXF.

AA.VV., A. Carotti, a cura di,  
**Guida alla progettazione integrata edificio/impianti**  
Maggioli Editore, Rimini, 2009.

AA.VV.  
**Manuale pratico di Edilizia Sostenibile**  
Edizione italiana a cura di F. Faragò  
Esselibri - Sistemi editoriali, Pozzuoli (NA), 2008.

L. Bassi L. Gariup, a cura di,  
**Edifici ecocompatibili a Uso Pubblico**  
Sedi istituzionali - Vol. 1  
Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2009.

L. Bassi L. Gariup, a cura di,  
**Edifici ecocompatibili ad Uso Pubblico**  
 Socio-assistenziali – Vol. 2  
 Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2009.

L. Bassi L. Gariup, a cura di,  
**Edifici Ecocompatibili a Uso Pubblico**  
 Socio-culturali – Vol. 3  
 Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2009.

L. Berta M. Bovati  
**Progetti di architettura bioecologica**  
 Maggioli Editore, Rimini, 2004.

P. Bevitori, a cura di,  
**Guida alla casa ecologica**  
 Inquinamento indoor - Progettazione ecosostenibile - Scelta dei materiali.  
 Maggioli Editore, Rimini, 2003.

F. Bini Verona S. Filippeschi O. Giorgetti S. Lami R. Latrofa  
**Bioarchitettura e certificazione energetica**  
 Le nuove frontiere dell'edilizia.  
 IPSOA Editore, Assago (MI) 2008.

G. Bonelli, a cura di,  
**Edilizia abitativa sostenibile**  
 Indagini, progetti.  
 CLEAN Edizioni, Napoli, 2006.

M. Capolla  
**La casa energetica**  
 Indicazioni e idee per progettare la casa a consumo zero.  
 Maggioli Editore, Rimini, 2009.

S. Capolongo L. Daglio I. Oberti  
**Edificio, Salute, Ambiente**  
 Tecnologie sostenibili per l'igiene edilizia e ambientale.  
 Hoepli, Milano, 2007.

G. Cellai G. Bazzini M. Gai  
**Le prestazioni energetiche degli edifici**  
 Maggioli Editore, Rimini, 2007.

P. A. Cetica  
**La Casa Bio-Intelligente**  
 Per una bioarchitettura totale.  
 Angelo Pontecorboli Editore, Firenze, 2007.

S. Croce T. Poli, a cura di,  
**Case a basso consumo energetico**  
 Strategie progettuali per edifici a climatizzazione spontanea in Italia.  
 Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2007.

M. E. D'Antonio  
**Guida rapida al piano casa**  
 DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2009.

P. Davey  
**Engineering for a Finite Planet**  
 Sustainable solutions by buro happold.  
 Birkhauser Basel, CH, 2008.

C. De Trizio  
**Efficienza energetica di edifici e impianti termici**  
 Come sviluppare un progetto ecoefficiente: dalla scelta dei materiali più idonei,  
 alla valutazione delle migliori tecniche costruttive, al calcolo dell'indice di pre-  
 stazione energetica.  
 Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2008.

K. Fabbri  
**Risparmio energetico in edilizia**  
 Esempi di intervento per la certificazione e la qualificazione degli edifici.  
 DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2008.

K. Fabbri M. Conti  
**Progettazione energetica dell'architettura**  
 Il Progetto: Involucro-Impianti. Comfort e Ambiente. Soluzioni Tecniche per il Pro-  
 getto - Indicazioni Tecnico Costruttive - Calcolo degli Impianti a Fonti Rinnovabili.  
 DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2008.

N. Lantschner, a cura di,  
**La mia CasaClima**  
 in collaborazione con M. Bancher, R. Erlacher e N. Klammersteiner  
 Edition Raetia, Bolzano, 2009.

V. Lattanzi  
**Certificazione energetica degli edifici**  
 Esempi pratici di progettazione.  
 Legislazione Tecnica Editrice S.r.l., Roma, 2009 .

M. Marocco  
**Progettazione e costruzione bioclimatica dell'architettura**  
 Edizioni KAPPA, Roma, 2001.

G. Masera

**Residenze e risparmio energetico**

Tecnologie applicative e linee guida progettuali per la costruzione di abitazioni sostenibili.  
Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2004.

E. Montacchini S. Tedesco

**Edilizia sostenibile: requisiti, indicatori e scelte progettuali**

Valutazioni ambientali – Procedure – Tecnologie – Componenti e materiali con disegni, dettagli e immagini di progetti realizzati.  
Maggioli Editore, Rimini, 2009.

M. Moroni F. Onofri

**Piano casa, detrazioni fiscali e fotovoltaico**

EPC Libri, Roma, 2009.

G. Mottura A. Pennisi

**La casa a basso consumo energetico**

14 progetti pronti all'uso.  
Maggioli Editore, Rimini, 2009.

S. Pettinato V. Piscitelli P. Marzano

**Andrea Giunti, 1995-2007 - Cinque edifici ecocompatibili a Roma**

De Luca Editori d'arte, Roma, 2007.

F. Re Cecconi M. Antonini A.G. Mainini

**Dettagli costruttivi**

Banca dati dei nodi costruttivi di strutture, facciate, coperture, serramenti.  
Maggioli Editore, Rimini, 2009.

Rinaldi, a cura di,

**Progettazione ed efficienza energetica**

Progettare e costruire edifici ad alta efficienza energetica.  
Maggioli Editore, Rimini, 2010.

S. Salè Omodeo

**Verdeaureo dell'architettura**

Manuale tecnico-pratico del costruire e dell'abitare sano e dei prodotti ecologicamente migliorativi.  
Maggioli Editore, Rimini, 2006.

U. Sasso

**Dettagli per la bioclimatica**

Alinea Editrice, Firenze, 2006.

S.E.V.

**Edilizia sostenibile**

68 Progetti bioclimatici. Analisi e parametri energetici.  
Esselibri Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2008 II Ed.

M. Spagnolo

**Efficienza energetica nella progettazione**

Energie rinnovabili, Bioclimatica, Nuove tecnologie, Normativa.  
DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2007.

V. Szokolay Steven

**Introduzione alla progettazione sostenibile**

Hoepli, Milano, 2006.

A.S. Trevisi D. Laforgia F. Ruggiero

**Efficienza energetica in edilizia**

Maggioli Editore, Rimini, 2007.

U. Wienke

**L'edificio passivo**

Standard, requisiti, esempi.

Alinea Editrice, Firenze, 2002

### 1.2.1 Spazio urbano

La più recente produzione scientifico-letteraria ha come tema la qualità e l'eco-efficienza dell'ambiente costruito, attraverso la codifica di nuove strategie di pianificazione urbana e trasformazione ambientale, che comprendono sia il controllo e la valorizzazione degli elementi vegetazionali, sia l'organizzazione e valorizzazione degli spazi aperti; sia la massimizzazione delle condizioni di comfort psico-percettivo.

Una concezione della pianificazione ambientale urbana che coinvolge architetti, ingegneri, paesaggisti, urbanisti, fisici ed anche le pubbliche amministrazioni competenti.

In queste opere vengono indicati, infatti, opportuni quadri metodologici ed operativi, obiettivi, strategie, modalità di intervento e raccomandazioni progettuali per supportare l'analisi morfologica dell'insediamento e degli elementi che lo compongono (come il verde e l'arredo urbano, gli spazi abitativi e pubblici) e guidare il recupero dello spazio urbano verso un modello insediativo energeticamente più efficiente, in grado di dialogare col suo contesto ambientale senza impatti negativi e raggiungendo condizioni di comfort ideale per lo svolgersi delle attività umane. I testi propongono anche un esame del rapporto tra energia e ambiente, in particolare per quanto riguarda le relazioni tra consumo di energia e organizzazione fisica e funzionale degli insediamenti urbani.

Oltre a tali contenuti, alcuni saggi comprendono schede progettuali che derivano da molteplici esperienze, dove il progetto viene analizzato dal punto di vista architettonico, tecnologico, agronomico o ambientale, ed illustrato con disegni

e immagini. In allegato, vengono forniti anche software per la valutazione delle condizioni di comfort in spazi urbani o database con specie arboree utilizzabili nell'ambito di varie tipologie progettuali.

Nell'ambito delle pratiche, dei processi e degli strumenti per il governo del territorio, si affrontano anche tematiche di frontiera, come quello delle *Aree Ecologicamente Attrezzate* (APEA - disponendo soluzioni e proposte tecniche, come le linee guida, rivolte agli amministratori, ai progettisti e agli imprenditori coinvolti nel processo di qualificazione delle aree industriali) oppure quello del *lungomare*, concepito come spazio vitale per lo sviluppo e la rigenerazione dell'intero nucleo urbano, in funzione di un turismo realmente sostenibile nei tempi e modi della fruizione.

AA.VV.

#### **Ecocamp**

Il campeggio ecologico e la riqualificazione ambientale della costa.

Alinea Editrice, Firenze, 2007.

AA.VV.

#### **Abitare il futuro**

Città, Quartieri, Case.

BE-ma Editrice, Milano, 2005.

AA.VV.

#### **Abitare il futuro**

Innovazione e nuove centralità urbane.

BE-MA Editrice, Milano, 2003.

AA.VV.

#### **Codice concordato di raccomandazione per la qualità energetico ambientale di edifici e spazi aperti**

ENEA, 1998.

M. I. Amirante, a cura di,

#### **Effetto città stare vs transitare**

La riqualificazione dell'area dismessa di Napoli est.

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

D. Babalis (ed.)

#### **Ecopolis**

Conceptualising and defining sustainable design.

Alinea Editrice, Firenze, 2007.

S. Baiani A. Valitutti

#### **Tecnologie di ripristino ambientale**



Interventi sostenibili per la protezione, fruizione e valorizzazione delle componenti naturali e antropiche del paesaggio.

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

F. Bargiggia M. Bricocoli, a cura di,

**Politiche per la casa e strumenti di riqualificazione urbana**

I Contratti di Quartiere II in Lombardia.

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2005.

A. Battisti F. Tucci, a cura di,

**Qualità ed ecoefficienza delle trasformazioni urbane**

Sperimentazione progettuale di unità insediative a conformità ecologica nell'ambito dello SDO di Roma.

Alinea Editrice, Firenze, 2002.

A. Battisti F. Tucci, a cura di,

**Ambiente e cultura dell'abitare**

Innovazione tecnologica e sostenibilità del costruito nella sperimentazione del progetto ambientale.

Editrice Librerie Dedalo, Roma, 2000.

A. Bondonio G. Gallegari C. Franco

**Stop&Go**

Il riuso delle aree industriali dismesse in Italia. Trenta casi studio.

Alinea Editrice, Firenze, 2005.

A. Buggin F. Karrer

**Linee guida per la progettazione ambientale delle aree destinate a insediamenti produttivi**

Cedam, Padova, 2007.

G. Caterina, a cura di,

**Per una cultura manutentiva**

Percorsi didattici ed esperienze applicative di recupero edilizio e urbano.

Liguori editore, Napoli, 2006.

G. Chiesa D. Pandakovic

**Paesaggio e risorse energetiche**

Polipress, Milano, 2007.

M. Cioverchia

**Strategie progettuali aperte e sostenibili**

Edizioni Simple, Macerata, 2009.

E. Conticelli S. Tondelli

**La pianificazione delle aree produttive per lo sviluppo sostenibile del territorio**

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

A. De Eccher E. Marchigiani A. Marin, a cura di,  
**Riqualificare la città con gli abitanti**  
 Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2005.

A. Dell'Acqua V. Degli Esposti A. Ferrante G. Mochi, a cura di,  
**Paesaggio costruito: qualità ambientale e criteri d'intervento**  
 Alinea Editrice, Firenze, 2009.

G. Deplano, a cura di,  
**Politiche e strumenti per il recupero urbano**  
 Edicom Edizioni, Monfalcone (Go), 2004.

V. Dessì  
**Progettare il comfort urbano**  
 Soluzioni per un'integrazione tra società e territorio.  
 Con Software COMFA+  
 Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2008.

P. De Pascali  
**Città ed energia**  
 La valenza energetica dell'organizzazione insediativa.  
 Franco Angeli Editore, Milano, 2008.

S. Dierna F. Orlandi  
**Ecoefficienza per la «città diffusa»**  
 Linee guida per il recupero energetico e ambientale degli insediamenti informali  
 nella periferia romana.  
 Alinea Editrice, Firenze, 2009.

S. Dierna F. Orlandi  
**Buone pratiche per il quartiere ecologico**  
 Linee guida di progettazione sostenibile nella città della trasformazione.  
 Alinea Editrice, Firenze, 2005.

M. Dragotto C. Gargiulo, a cura di,  
**Aree dismesse e città. Esperienze di metodo, effetti di qualità**  
 Franco Angeli Editore, Milano, 2003.

E. Dunham-Jones J. Williamson  
**Retrofitting Suburbia**  
 Urban Design Solutions for Redesigning Suburbs.  
 Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2009.

D. Farr  
**Sustainable Urbanism**  
 Urban Design With Nature.  
 Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2007.

M. Felici

**Architettura ipersostenibile**

Linguaggi progettuali e forma mentis.

Editrice Librerie Dedalo, Roma, 2006.

A. Ferrante

**La città a pezzi o i pezzi di città nella costruzione sostenibile dei luoghi urbani**

Ed. Oasi A. Perdisa, Ozzano dell'Emilia (BO), 2006.

M. Franco

**I parchi eco-industriali**

Verso una simbiosi tra architettura, produzione e ambiente.

Franco Angeli Editore, Milano, 2005.

I. Garofolo E. Marchigiani

**Per un progetto sostenibile del territorio**

Il caso studio dell'area transfrontaliera Italia-Slovenia.

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2005.

M. F. Granata

**Economia eco-sistema ed efficienza bio-architettonica della città**

Principi e leggi, valutazioni, etica

Franco Angeli Editore, Milano, 2008.

D. Ladiana

**Manutenzione e gestione sostenibile dell'ambiente urbano**

Alinea Editrice, Firenze, 2007.

M. Lepore A. Sonsini

**Attrezzature temporanee sull'acqua**

Riflessioni per uno sviluppo sostenibile.

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

M.T. Lucarelli, a cura di,

**L'Ambiente dell'organismo città**

Strategie e sperimentazioni per la definizione di una nuova qualità urbana.

Alinea Editrice, Firenze, 2006.

E. Lucchi

**Tutela e valorizzazione**

Diagnosi energetica e ambientale del patrimonio culturale.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

A. Mazzotta S. Pujatti, a cura di,

**Vistamare: strategie e progetti per lo spazio tra città e spiaggia a Lignano**

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

I. Odeh Arinat Mah'd A. D'Angelo C. Frettoloso  
**Metodologie e strumenti progettuali per «contesti sensibili»: siti archeologici e complessi industriali**

Aracne editrice S.r.l., Roma, 2007.

M. Orefice G. Ariemma A. Daino

**Riqualificazione e riuso delle aree industriali dismesse. Una proposta operativa**

Aracne editrice S.r.l., Roma, 2006.

A. Paolella C. Nava, a cura di,

**La partecipazione organica**

Metodologie progettuali, tecnologia ed esperienze

Atti del seminario internazionale di studi ABITA - Sede di Reggio Calabria - 30-31 marzo 2006.

Falzea Editore, Reggio Calabria, 2006.

A. Passaro, a cura di,

**Attrezzature temporanee ecocompatibili per il turismo nelle aree costiere**

Luciano Editore, Napoli, 2005.

M. Rigillo

**La gestione sostenibile delle aree urbane costiere**

Limiti e opportunità della certificazione EMAS nell'esperienza comunitaria

MedCOAST.Net.

Liguori editore, Napoli, 2009.

A. Rogora V. Dessì, a cura di,

**Il comfort ambientale negli spazi aperti**

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2005.

W. Sarni

**Greening Brownfields**

Ed. McGraw-Hill Professional, USA, 2009.

K.L. Schibel S. Zamboni

**Le città contro l'effetto serra**

Cento buoni esempi da imitare.

Edizioni Ambiente srl, Milano, 2005.

F. Spanedda

**Una ricerca interdisciplinare per l'applicazione di principi di efficienza energetica nei centri storici**

Franco Angeli Editore, Milano, 2008.

G. Tagliaventi A. Bucci D. Diolaiti, a cura di,

**La guida delle città eco-efficienti**

Le guide des eco-villes efficientes. The guide of eco-efficient cities.  
Alinea Editrice, Firenze, 2009.

M. Tarantini A. Di Paolo A. Dominici A. Peruzzi M. Dell'Isola  
**Linee guida per l'insediamento e la gestione di aree produttive sostenibili**  
ENEA, 2007.

A. Trombadore, a cura di,  
**Pianificazione energetica territoriale**  
Alinea editrice, Firenze, 2004.

R. Valente, a cura di,  
**La riqualificazione delle aree dismesse**  
Conversazioni sull'ecosistema urbano.  
Liguori Editore, Napoli, 2008.

A. Vallitutti  
**Tecnologie di riconversione dell'ambiente costruito: processi, metodi e strumenti di riqualificazione per le aree dismesse**  
Alinea Editrice, Firenze, 2009.

### 1.2.2 Verde

Il verde è elemento importante nella progettazione dello spazio urbano per la mitigazione del microclima locale e il miglioramento delle condizioni di comfort: tale tematica viene affrontata da una particolare letteratura tecnica, in cui, attraverso la selezione di numerosi casi studio e soluzioni tecnico-costruttive, si cerca di indagare la varietà delle forme, dei fini e dei mezzi con i quali il fenomeno si sta oggi manifestando in architettura.

I testi forniscono quindi indicazioni utili alla corretta selezione delle essenze vegetali, alla gestione delle acque meteoriche integrabili con il verde pensile, ai costi di realizzazione e manutenzione.

AA.VV.  
**Trees for Green Streets**  
An Illustrated Guide.  
Ed. Metro Regional Center, Portland, USA, 2002.

AA.VV.  
**Green Streets**  
Innovative Solutions for Stormwater and Stream Crossing.  
Ed. Metro Regional Center, Portland, USA, 2002.

P. Abram  
**Giardini pensili**  
Coperture a verde e gestione delle acque meteoriche.  
Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2004.

O. E. Bellini L. Daglio

**Verde Verticale**

Aspetti figurativi, ragioni funzionali e soluzioni tecniche nella realizzazione di living walls e green facades.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

A. Bellomo

**Pareti verdi**

Nuove tecniche.

Con il contributo di Valerio Cozzi e Tae Han Kim

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), II Ed. 2009.

P. Blanc

**The Vertical Garden**

From nature to the city.

W. W. Norton & Company, 2008.

D. Bouvet E. Montacchini

**La vegetazione nel progetto**

Uno strumento per la scelta delle specie vegetali.

Con Software Veget@ction.

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2007.

S. L. Cantor S. Peck

**Green Roofs in Sustainable Landscape Design**

W. W. Norton & C., New York, USA, 2008.

A.E. Chiuppani T. Prest, a cura di,

**La progettazione del verde per il controllo microclimatico**

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2008.

N. Dunnett N. Kingsbury

**Planting Green Roofs and Living Walls**

Timber Press, Inc., Portland, USA, Rev Upd edition, 2008.

N. Dunnett A. Clayden

**Rain Gardens**

Managing water sustainably in the garden and designed landscape.

Timber Press Inc., Portland, USA, 2007.

Earth Pledge Foundation

**Green Roofs**

Ecological Design And Construction.

Schiffer Publishing, Atglen, USA, 2004.

M. Fiori T. Poli

**Coperture a verde**



La guida tecnico-pratica per costruire città verdi e più vivibili. Con 18 schede di progetti illustrate con disegni, prospetti, planimetrie e immagini a colori. Maggioli Editore, Rimini, 2008.

G. Grant

**Green Roofs and Facades**

IHS BRE Press, Bracknell, UK, 2006.

C. Hassell B. Coombes

**Green Roofs**

CIBSE Knowledge Series KS11, Chartered Institution of Building Services Engineers, London, UK, 2007.

A. Lambertini

**Giardini in verticale**

Verba Volant, London, UK, 2007.

K. Lockett

**Green Roof Construction and Maintenance**

McGraw-Hill Professional, New York, USA, 2009.

L. Margolis A. Robinson

**Living Systems**

Birkhäuser, Basel, CH, 2007.

J. Newton S. Wilson P. Early D. Gedge

**BUILDING GREENer**

Guidance on the use of green roofs, green walls and complementary features on buildings.

CIRIA, London, UK, 2007.

NRCA

**The NRCA Green Roof Systems Manual**

A green roofing resource.

National Roofing Contractors Association (NRCA), Rosemont, IL., USA, 2007.

S. Peck

**Award Winning Green Roof Designs**

Schiffer Publishing, Ltd., Atglen, PA, USA, 2008.

S. Peck M. Kuhn

**Design Guidelines for Green Roofs**

Ontario Association of Architects and Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC), Ottawa, Canada, 2002.

G. Scudo J.M. Ochoa de la Torre

**Spazi verdi urbani**

La vegetazione come strumento di progetto per il comfort ambientale negli spazi abitati.

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2003.

E. C. Snodgrass L. L. Snodgrass

**Green roof plants**

A resource and planting guide.

Timber Press Inc., Portland, USA, 2006.

V. Tatano

**Verde: naturalizzare in verticale**

Maggioli Editore, Rimini, 2008.

J. W. Thompson K. Sorvig

**Sustainable Landscape Construction**

A guide to green building outdoors.

Island Press, Washington, DC, USA, 2007, 2 edition.

S. Weiler K. Scholz-Barth

**Green Roof Systems**

A Guide to the Planning, Design, and Construction of Landscapes over Structure.

Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2009.

C. Werthmann

**Green Roof**

A case study.

Princeton Architectural Press, New York, USA, 2007.

### 1.2.3 Edificio

Le pubblicazioni sulla riqualificazione degli edifici forniscono strumenti operativi per valutare le costruzioni esistenti ed orientare gli interventi futuri secondo le logiche della salvaguardia ambientale, dell'uso razionale delle risorse, della tutela della salute e del benessere dell'uomo. Le strategie principali riguardo agli interventi di recupero edilizio sono (oltre al miglioramento delle prestazioni energetiche): la ridefinizioni degli spazi, le sovrapposizioni, i radicali involucramenti dell'oggetto originario con nuove forme architettoniche e materiali. Questi testi intendono affrontare, sia dal punto di vista teorico-metodologico che pratico-operativo, il problema dell'intervento sull'edilizia contemporanea, prevalentemente residenziale, con particolare riguardo alla valutazione della qualità e alla riqualificazione architettonica, ambientale e impiantistica.

Vengono trattati temi come i requisiti e le prestazioni ai quali deve rispondere l'involucro edilizio (elemento di interfaccia tra organismo edilizio e ambiente circostante), i presupposti teorici per la verifica dei singoli parametri prestazionali e gli aspetti tecnologici legati alla progettazione. I testi affrontano le possibilità di integrazione offerte dagli involucri nei confronti delle tecnologie di sfrutta-

mento passivo e attivo della radiazione solare. In alcuni casi i volumi presentano sezioni sui principali materiali e prodotti bioclimatici da costruzione, i criteri di scelta e di applicazione, le caratteristiche tecniche, le voci di capitolato, e le influenze delle caratteristiche ambientali esterne e interne sull'involucro.

Per quanto riguarda l'impiantistica si forniscono leggi e caratteristiche tecniche, ma anche i criteri di progetto e di integrazione.

Completano le opere, ampie sezioni sui temi più recenti, come la certificazione energetica degli edifici, e sulla normativa di riferimento (regolamenti edilizi, direttive nazionali e regionali): si indicano le modalità per ottenere le detrazioni fiscali per gli interventi di riqualificazione degli edifici, i sistemi di accreditamento, i nuovi compiti dei tecnici e professionisti, inoltre vengono forniti software per i calcoli.

I testi approfondiscono tematiche, metodologie e linguaggio del costruire sull'esistente attraverso l'analisi di una serie di progetti realizzati con un approccio finalizzato alla qualità negli interventi di recupero, presentati anche attraverso schede anagrafiche.

AA.VV.

**Il recupero "ambientalmente sostenibile"**

In *il Progetto Sostenibile* numero 22-23, Rivista.

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2009.

AA.VV.

**Risparmio energetico - Ristrutturazione Capannoni ad uso industriale - terziario**

Mappa di Progetto.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

G. Albano, coord.,

**Le mappe progettuali - Collana**

MAPPE PROGETTUALI N. 1/2

Ristrutturazione di un edificio monofamiliare

Ristrutturazione di un edificio bi-familiare

MAPPE PROGETTUALI N. 3/4

Due ristrutturazioni di edifici plurifamiliari

MAPPE PROGETTUALI N. 5/6

Due ristrutturazioni di un capannone ad uso industriale ed uno ad uso terziario

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

C. Anumba B. Marino A. Gottfried. C. Egbu

**Health and safety in refurbishment involving demolition and structural instability**

HSE, Health and Safety Executive, Sudbury, Suffolk, UK, 2004.

L. Asquini E. Oleotto L. Bassi

**Efficienza energetica e sostenibilità**

Linee guida per interventi su edifici esistenti e di nuova costruzione con schede di valutazione dei materiali

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2008.

N. V. Baker

**The Handbook of Sustainable Refurbishment**

Non-Domestic Buildings.

Ed. Earthscan Ltd., London, UK, 2009.

P. Boarin

**Edilizia scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale**

Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2010.

A. J. Brookes M. Meijs

**Cladding of Buildings**

Ed. Taylor & Francis, London, UK, 2008, 4 edition.

A.P. Conti , a cura di,

**Il recupero di una casa in terra**

L'atterrato di Contrada Fontevannazza a Treia. I saperi ritrovati

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2007.

G. Dall'Ò A. Galante G. Ruggeri

**Guida alla valorizzazione energetica degli immobili**

Metodi, strumenti e tecnologie per la riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2008.

B. Del Corno G. Mottura, a cura di,

**La ristrutturazione di ville, rustici e casali**

Maggioli Editore 2009.

V. Di Battista M. Fianchini, a cura di,

**Procedure preliminari alla progettazione del costruito**

Alinea editrice, Firenze, 2007.

P. Erlacher

**Riqualificazione energetica edifici esistenti**

Padovani editrice, Cavaion V.se (VR), 2009.

K. Fabbri

**Guida alla riqualificazione energetica**

Detrazioni e contributi, esempi di calcolo, problemi e soluzioni più frequenti in tema 55%, come compilare le richieste, come redigere le relazioni. Con cd-rom. DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2009, III ed.

G. Franco, a cura di,  
**Atlante della Riqualificazione degli edifici**  
Manutenzione, modificazione, ampliamento  
UTET Scienze Tecniche, Torino, 2009.

G. Franco  
**Riqualificare l'edilizia contemporanea**  
Franco Angeli, Milano, 2003.

M. L. Germanà  
**La gestione sostenibile dell'ambiente costruito: la manutenzione dall'edificio alla città**  
In Atti Convegno Internazionale Urban Maintenance as Strategy for Sustainable Development  
Liguori Editore, Napoli, 2002.

M.L. Germanà  
**La qualità del recupero edilizio**  
Alinea editrice, Firenze, 1995.

M. Grecchi L. E. Malighetti  
**Ripensare il costruito**  
Il progetto di recupero e rifunzionalizzazione degli edifici.  
Maggioli Editore, Rimini, 2008.

L. Iermano  
**Restyling. Il progetto di architettura sulla preesistenza edilizia**  
Editrice Librerie Dedalo, Roma, 2003.

D. Highfield C. Gorse  
**Refurbishment and Upgrading of Buildings**  
Ed. Taylor & Francis, London, UK, 2009.

R. Klanten L. Feireiss  
**Build-On**  
Converted Architecture and Transformed Buildings.  
Die Gestalten Verlag GmbH & Co., Berlin, Germany, 2009.

J. Krigger C. Dorsi  
**Residential Energy**  
Cost Savings and Comfort for Existing Buildings .  
Saturn Resource Management, Helena, USA, 2009, 5th edition.

J. Yudelson

**Greening Existing Buildings**

Ed. McGraw-Hill Professional, USA, 2010.

A. Lubeck

**Green Restorations**

Sustainable Building and Historic Homes.

New Society Publishers, Gabriola Island, BC, Canada, 2010.

L. E. Malighetti

**Recupero edilizio e sostenibilità**

Il contributo delle tecnologie bioclimatiche alla riqualificazione funzionale degli edifici residenziali collettivi.

Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2004.

M. Marocco

**Tecnologie sostenibili per il recupero: due progetti di edilizia pubblica a Roma**

in "Riciclare: Tecniche, esperienze e prospettive nell'architettura e nel design".

Edizioni Giannini, Napoli 2001.

G. Mottura A. Pennisi

**L'ampliamento della casa uni e bifamiliare**

Maggioli Editore, Rimini, 2010.

F. Novi, a cura di,

**La riqualificazione sostenibile**

Applicazioni, sistemi e strategie di controllo climatico ambientale.

Alinea editrice, Firenze, 1999.

E. Nuzzo E. Tomasinsig

**Recupero ecoefficiente del costruito**

Confronto tra soluzioni migliorative per pareti, coperture e solai

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2008.

G. Paganin, a cura di,

**Guida alla manutenzione e al recupero degli edifici**

Esselibri - Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2007.

A. Paolella

**Tecnologie per il recupero ecologico e sociale dell'abitare**

Ed. IAED-Edizioni - Papageno, Palermo 2002.

M.R. Pinto

**Il riuso edilizio**

Procedure, metodi ed esperienze.

UTET Scienze Tecniche, Torino, 2004.



M. Rizzi, a cura di,

**Consigli di risparmio energetico per gli edifici esistenti**

Provincia di Udine, 2006.

G. Roche

**Prontuario operativo per la certificazione energetica l'edificio esistente**

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

M. Sala, a cura di,

**I percorsi della progettazione per la sostenibilità ambientale**

Atti del Convegno Nazionale ABITA, Firenze, 20-21 ottobre 2004.

Alinea editrice, Firenze, 2004.

F. Sartogo M. Bastiani

**Manuale metodologico per il recupero della struttura bioclimatica della città storica di Perugia**

Commissione Europea DG XVI - RECITE/REBUILD Programme.

Edizioni Guerra, Perugia, 1998.

U. Sasso, a cura di,

**Qualità, recupero, nuove utenze**

Atti Convegno 6° Europa Symposium, BIOARCHITETTURA.

Ed. Direct, Pescara, 1998.

P. Scarzella M. Zerbinatti

**Recupero e conservazione dell'edilizia storica**

L'insieme, le parti: interrati, fondazioni, partizioni, coperture, chiusure, aggetti.

Alinea Editrice, Firenze, 2009.

P. Smith

**Eco-Refurbishment**

A guide to saving and producing energy in the home.

Architectural Press, Oxford, UK, 2004.

L. Tobias

**Retrofitting Office Buildings to be Green and Energy-Efficient**

Urban Land Institute, Washington DC, USA 2010.

N. Tubi M. P. Silva F. Ditri

**Gli edifici in pietra**

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2009, II ed.

T. Yates

**Sustainable refurbishment of Victorian housing**

Guidance, Assessment Method and Case Studies.

HIS BRE Press, Bracknell, UK, 2006.

D. Wrigley

**Making Your Home Sustainable**

A Guide to Retrofitting.

Ed. Scribe Publications, Carlton North, Australia, 2005.

E. Zambelli

**Ristrutturazione e trasformazione del costruito**

Il sole 24 Ore, Milano, 2004.

### 1.2.4 Involucro edilizio

L'involucro edilizio, elemento di interfaccia tra organismo edilizio e ambiente circostante, ha subito nel corso della storia vari cambiamenti, mutando la sua funzione da semplice componente in grado di proteggere l'ambiente interno dalle intemperie, a sistema complesso in grado di adattarsi alle variazioni climatiche. Oggi le prestazioni richieste all'involucro riguardano sempre più il controllo dei parametri di comfort interno: protezione dal freddo e dal caldo, isolamento acustico, disponibilità di luce e ventilazione naturali, risparmio di energia.

La riqualificazione energetica e formale che coinvolge il patrimonio edilizio esistente, riguarda fundamentalmente il miglioramento delle prestazioni dell'involucro edilizio: i testi, che si occupano di questo argomento, presentano, oltre a richiami al quadro normativo energetico nazionale e internazionale, l'analisi dei requisiti e delle prestazioni, ai quali devono rispondere gli involucri moderni, i presupposti teorici per la verifica dei singoli parametri prestazionali e gli aspetti tecnologici legati alla progettazione.

I volumi, attraverso la disamina di alcune realizzazioni attuali e di una selezione di nuovi materiali, prodotti e componenti edilizi ad alte prestazioni, approfondiscono temi come i sistemi d'isolamento e le schermature.

AA.VV.

**Laterizio: costruire sostenibile italiano**

Alinea editrice, Firenze, 2006.

S. Altomonte

**L'involucro architettonico come interfaccia dinamica**

Strumenti e criteri per una architettura sostenibile.

Alinea editrice, Firenze, 2006.

L. Bianchi

**Le prestazioni termiche dei serramenti**

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

G. Bollini, a cura di,

**Costruire in terra cruda oggi**

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2006.

S. Brunoro

**Efficienza energetica delle facciate**

Standard - Requisiti - Esempi per l'adeguamento e la riqualificazione architettonica.

Maggioli Editore, Rimini, 2006.

F. Carria

**Il rinnovo delle facciate**

Nuovi ruoli dell'involucro edilizio.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

P. Cascella

**Involucro bioclimatico e solare**

Chandra Editrice, Roma 2008.

L. Ceccherini Nelli E. D'Audino A. Trombadore

**Schermature Solari**

Nuova edizione con in appendice Schermature Fotovoltaiche e Cd-rom Helios.

Alinea editrice, Firenze, 2007.

P. A. Cetica

**L'architettura dei muri intelligenti**

Pontecorboli Editore, Firenze 2004.

A. Claudi de Saint Mihiel

**Superfici mutevoli**

Tecnologie innovative per involucri trasparenti a prestazioni variabili.

CLEAN Edizioni, Napoli, 2007.

G. Colombo

**Lo stato dell'arte nella progettazione degli edifici passivi**

con il contributo di Fabio Colombo.

Alinea editrice, Firenze, 2006.

C. Conti M. Rossetti

**Guscio: involucri interni innovativi**

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

E. De Angelis M. Fiori T. Poli

**Le pareti perimetrali opache**

Tecnologia - Criteri progettuali - Soluzioni tecniche.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

M. D'Orazio

**Ventilazione delle coperture in cotto**

BE-MA editrice, Milano, 2004.

A. Fassi L. Maina

**L'isolamento ecoefficiente**

Guida all'uso dei materiali naturali.

Edizioni Ambiente srl, Milano, 2009.

T. Ferrante

**Legno e innovazione**

Alinea editrice, Firenze, 2008.

M. Fianchini N. Tubi

**Tetti e coperture**

Dal progetto al prodotto.

Maggioli Editore, Rimini, 2010.

F. Fiorito

**Involucro edilizio e risparmio energetico**

Soluzioni progettuali e tecnologie.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

T. Gallauziaux D. Fedullo

**Le grand livre de l'isolation**

Ed. Eyrolles, Paris, FR, 2010.

P. Gasparoli

**Le superfici esterne degli edifici**

Degradi, criteri di progetto, tecniche di manutenzione.

Alinea editrice, Firenze, 2002.

L. Giordano

**Casa ermetica o traspirante?**

Alinea editrice, Firenze, 2008.

G. Hausladen M. De Saldanha P. Liedl

**Climate Skin**

Building-skin Concepts that Can Do More with Less Energy.

Birkhäuser, Basel, 2007.

U. Knaack T. Klein

**The Future Envelope 1**

A Multidisciplinary Approach - Volume 8.

IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 2010.

U. Knaack T. Klein

**The Future Envelope 2**

Architecture - Climate - Skin - Volume 9.

IOS Press, Amsterdam, Netherlands, 2010.

- M. Imperadori, a cura di,  
**La progettazione con la tecnologia stratificata a secco**  
 Realizzazioni innovative, linee guida e prodotti per una meccanica dell'architettura sostenibile.  
 Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2006.
- M. Imperadori, a cura di,  
**Costruire sul costruito: tecnologie leggere nel recupero edilizio**  
 Carocci, Roma, 2001.
- K. Moe  
**Thermally Active Surfaces in Architecture**  
 Princeton Architectural Press, New York, USA, 2010.
- K. Moe  
**Integrated Design in Contemporary Architecture**  
 Princeton Architectural Press, New York, USA, 2008.
- L. Molinari S. Galateo  
**Architetture contemporanee**  
 San Marco, laterizio per un'architettura sostenibile.  
 SKIRA, Milano, 2010.
- G. Mottura A. Pennisi  
**Progettare sistemi di protezione solare degli edifici**  
 Controllo del soleggiamento e microclima - Sistemi di oscuramento esterni ed interni - Schermature trasparenti.  
 Maggioli Editore, Rimini, 2006.
- G. Mottura A. Pennisi  
**Il serramento nell'involucro edilizio**  
 Funzioni - Caratteristiche - Materiali - Componenti.  
 Maggioli Editore, Rimini, 2006.
- S. Murray  
**Contemporary Curtain Wall Architecture**  
 Princeton Architectural Press, New York, USA, 2009.
- C. Nava, a cura di,  
**Involucro e progetto di edifici a basso impatto ambientale**  
 Atti del 1° Seminario didattico per la Tecnologia dell'Architettura.  
 Falzea Editore, Reggio Calabria, 2004.
- A. Paolella  
**Architettura sostenibile e laterizio**  
 Criteri, tecniche, esempi. 35 proposte nel mondo.  
 Edizioni Ambiente srl, Milano, 2009.

M. Piana

**Isolamento esterno a cappotto**

Sistema di rivestimento esterno con intonaco sottile su isolante.  
BE-MA editrice, Milano, 2000.

C. Ponzini

**L'edificio energeticamente sostenibile**

Materiali contemporanei per il risparmio energetico.  
Maggioli Editore, Rimini, 2009.

P. Rava

**Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità**

Maggioli Editore, Rimini, 2008.

M. Rossi

**Prodotti e sistemi di involucro innovativi**

Edizioni Simple, Macerata 2009.

M. Sala, a cura di,

**Schermature**

Alinea editrice, Firenze, 2000.

F. Tucci

**Involucro ben temperato**

Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici.  
Alinea editrice, Firenze, 2006.

F. Tucci

**Ecoefficienza dell'involucro architettonico**

Editrice Librerie Dedalo, Roma 2001.

M. Wigginton J. Harris

**Intelligent Skins**

Ed. Elsevier, Oxford, UK, 2002.

E. Zambelli P. A. Vanoncini M. Imperadori

**Costruzione stratificata a secco**

Tecnologie edilizie innovative e metodi per la gestione del progetto.  
Maggioli Editore, Rimini, 1998.

### 1.2.5 Fotovoltaico

L'installazione di impianti solari e fotovoltaici è oggi il sistema di produzione di energia che maggiormente raccoglie interesse per il raggiungimento degli standard di risparmio energetico richiesti dalle attuali normative sulla sostenibilità ambientale del costruito e per beneficiare degli incentivi fiscali a tale scelta riconosciuti: nel caso di recupero edilizio è centrale il tema della integrazione.



I seguenti volumi forniscono ai professionisti indicazioni pratiche per formulare soluzioni tecnicamente valide ed architettonicamente ben inserite nei complessi edilizi e propongono esempi di progetti per l'integrazione in facciata, in copertura, su tetti, solai, balconi, pertinenze edilizie, illustrati da schede tecniche, disegni e immagini.

N. Aste

**Il fotovoltaico in architettura**

L'integrazione dei sistemi per la generazione di elettricità solare Nuovo Conto Energia. Schede tecniche di componenti e sistemi normativi.

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2008 III ed.

L. Bassi, a cura di,

**Guida al solare termico**

Vol.1 Impianti a circolazione naturale

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2007.

A. Bosco A. Scognamiglio, a cura di,

**Fotovoltaico e riqualificazione edilizia**

ENEA 2005.

A. Caffarelli G. De Simone M. Stizza A. D'Amato

**Sistemi solari fotovoltaici: progettazione e valutazione economica in Conto Energia**

con CD Rom.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

L. Ceccherini Nelli, a cura di,

**Fotovoltaico in architettura**

Alinea editrice, Firenze, 2006.

L. Ceccherini Nelli, a cura di,

**Impianto fotovoltaico integrato nell'edificio aule e biblioteca al Polo scientifico universitario di Sesto Fiorentino**

Alinea editrice, Firenze, 2004.

D. Coiante

**Fotovoltaico**

Il processo evolutivo e le nuove frontiere.

ENEA, 2008.

M. Di Nicola

**La disciplina edilizia per il risparmio energetico degli edifici e per la realizzazione di impianti fotovoltaici**

Maggioli Editore, Rimini, 2007.

S. Ferrari

**Solare termico negli edifici**

Guida al dimensionamento e alla progettazione degli impianti.  
Edizioni Ambiente srl, Milano, 2008.

B. Del Corno G. Mottura

**L'integrazione architettonica dei sistemi solari fotovoltaici**

Soluzioni e linee guida - Schede di progetto con disegni, progetti, immagini a colori.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

I. Hermannsdorfer C. Rub

**Solar Design**

Photovoltaics for Old Buildings, Urban Space, Landscapes  
Ed. Jovis, Berlin (G), 2005.

M. Pagliaro G. Palmisano R. Ciriminna

**BIPV**

Il fotovoltaico integrato nell'edilizia.  
Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

M. Pagliaro G. Palmisano R. Ciriminna

**Il nuovo fotovoltaico**

Dal film sottile alle celle a colorante.  
Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

L. Rubini M. Di Veroli A. Calabria

**Sistemi solari termici**

Tecnologia - Applicazioni - Dimensionamento.  
Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008.

G. Scatizzi F. Venturelli F. Matera

**Progettazione di impianti solari fotovoltaici**

Tecnologie e componenti - Dimensionamento e configurazione - Integrazione architettonica - Aspetti economici e incentivazioni.  
Maggioli Editore, Rimini, 2007.

M. Sala (a cura di)

**Integrazione Architettonica del Fotovoltaico**

Casi studio di Edifici Pubblici in Toscana.  
Alinea editrice, Firenze, 2003.

A. Scognamiglio P. Bosisio V. Di Dio

**Fotovoltaico negli edifici**

Dimensionamento, progettazione e gestione degli impianti.  
Edizioni Ambiente srl, Milano, 2009.

### 1.2.6 Sistemi passivi di riscaldamento e raffrescamento

I sistemi solari passivi sfruttano fonti energetiche gratuite (quali il sole, il vento o altre risorse naturali), per il riscaldamento, il raffrescamento e più in generale la climatizzazione degli edifici, senza l'utilizzo di elementi meccanici alimentati da fonti esterne di energia. In un sistema passivo si utilizzano le stesse strutture edilizie per captare, accumulare e distribuire sia l'energia termica connessa alla radiazione solare, sia il vento, per la riduzione della domanda di aria condizionata.

La ri-progettazione in chiave energetica dell'intero edificio o di parti di esso, ha come obiettivo di garantire oltre al risparmio energetico anche il comfort della vita all'interno di un ambiente chiuso e quindi la qualità dell'aria; ciò è ottenuto attraverso molteplici sistemi: serra solare, muro di Trombe, torre del vento, disposizione delle aperture, ecc.

I manuali e i prontuari di seguito elencati illustrano le soluzioni tecniche e tecnologiche, con il supporto di disegni, grafici, tabelle ed esempi; propongono metodi di dimensionamento e verifica prestazionale dei principali sistemi; espongono casi studio, descritti in dettaglio, di edifici, a testimonianza dell'applicabilità di tali sistemi.

AA.VV.

#### **Clima interno e produttività negli uffici**

Come integrare la produttività nell'analisi del costo del ciclo di vita degli edifici.  
Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008.

AA.VV.

#### **Raffrescamento e riscaldamento mediante superfici radianti**

Nuove soluzioni per il riscaldamento a bassa temperatura e il raffrescamento ad alta temperatura.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2008.

AA.VV.

#### **Guida alle travi fredde**

Funzionamento, progetti e applicazioni.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2007.

F. Allard C. Ghiaus

#### **Natural ventilation in the urban environment**

Assessment and design.

Ed. Earthscan Ltd., London, UK, 2005.

F. Allard M. Santamouris

#### **Natural ventilation in buildings**

A design handbook.

Ed. James & James, London, UK, 1998.

H.B. Awbi

**Ventilation of buildings**

Ed. Spon Press, London, UK, 2003.

A. Battisti

**La qualità ambientale delle architetture di interno**

Alinea editrice, Firenze, 2006.

D. Bori

**Il raffrescamento passivo degli edifici**

Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2006.

M. Buono

**L'architettura del vento**

Soluzioni tecnologiche per il raffrescamento passivo.

CLEAN Edizioni, Napoli, 1998.

G. Fasano M. A. Segreto

**Sistemi di ventilazione naturale e ibrida**

Newton Centro Studi, 2008.

M. Grosso

**Il raffrescamento passivo degli edifici in zone a clima temperato**

Maggioli Editore, Rimini, 2008.

R. Lazzarin, a cura di,

**Il condizionamento dell'aria**

Problematiche tecniche ed ambientali.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2003.

N. Lechner

**Heating, Cooling, Lighting**

Sustainable Design Methods for Architects.

Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2009.

P. Masetti G. Amista

**La ventilazione comfort per gli edifici ad alte prestazioni energetiche**

Progettazione - Tecnologia – Normativa.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

M. Masi A. Forlini Ochoa

**Il vento**

Climatizzazione naturale degli edifici e impianti a energia pulita.

DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2007.

G. Pahl

**Riscaldamento naturale della casa**

Guida ai sistemi di riscaldamento a fonti rinnovabili.  
Edizione Muzzio, Roma, 2006.

C.A. Roulet  
**Ventilation and airflow in buildings**  
Methods for diagnosis and evaluation.  
Ed. Earthscan Ltd., London, UK, 2007.

C. Zappone  
**La serra solare**  
Esselibri – Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2009, II Ed.

U. Wienke  
**Aria Calore Luce**  
Il comfort ambientale negli edifici.  
DEI - Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

### 1.2.7 Illuminazione

La riqualificazione energetica di un edificio si ottiene anche grazie all'impiego di illuminazione naturale: un'adeguata illuminazione diurna ed una integrazione ottimale di luce naturale/artificiale possono contribuire in maniera significativa al risparmio energetico.

Oltre a riferimenti sulla teoria e l'utilizzo della luce, valutando il comfort ambientale, la percezione visiva del colore e il benessere psicofisico raggiungibili attraverso corrette e contestualizzate scelte di progettazione, la letteratura si occupa di dispositivi in grado di aumentare l'illuminazione naturale, come i camini solari.

A sussidio dei professionisti vengono illustrati metodi di calcolo e pre-dimensionamento empirico per le configurazioni più semplici, con alcuni esempi applicativi e alcune soluzioni non convenzionali realizzate in alcuni casi studio; si descrivono software che consentono di simulare la luce naturale all'interno di un ambiente, quantificarla per poi progettare l'integrazione di luce artificiale necessaria.

M. Fontoynt, a cura di,  
**Daylight Performance of Buildings**  
James & James, London, UK, 1999.

C. Aghemo C. Azzolino  
**Illuminazione naturale: metodi ed esempi di calcolo**  
Celid, Torino 1995.

G. Alcamo, a cura di,  
**Illuminazione naturale e simulazioni energetiche**  
Alinea editrice, Firenze, 2007.

G. D. Ander

**Daylighting performance and design**

Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2003, 2nd Edition.

G. Z. Brown M. DeKay

**Sun, Wind & Light**

Architectural Design Strategies,

Ed. John Wiley & Son, Hoboken, USA, 2001, 2nd Edition.

R. Carratù

**Illuminare gli spazi**

Teoria e pratica.

Dario Flaccovio Editore, Palermo, 2009.

G. Mottura A. Pennisi

**Progetti di luce**

Luce naturale e luci artificiali in ambienti interni ed esterni - Schede di progetto con disegni, prospetti, immagini a colori.

Maggioli Editore, Rimini, 2010.

A. Rogora A. Locatelli

**L'illuminazione canalizzata in architettura**

Esselibri - Sistemi Editoriali, Pozzuoli (NA), 2008.

S. Russell

**The architecture of light**

Architectural Lighting Design Concepts and Techniques.

Ed. Conceptnine, La Jolla, California, USA, 2008.

### 1.2.8 Domotica

La riqualificazione energetica degli edifici prevede anche soluzioni per la gestione coordinata, integrata e computerizzata dell'energia e, quindi, degli impianti tecnologici, delle reti informatiche e delle reti di comunicazione, allo scopo di migliorare la flessibilità di gestione, il comfort, la sicurezza, il risparmio energetico e migliorare la qualità dell'abitare e del lavorare all'interno degli edifici. La Norma Europea EN-15232 "Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici", pubblicata dall'organismo normativo europeo CEN e recepita dall'UNI, pone in evidenza come l'inserimento negli edifici - residenziale e terziario - di sistemi di controllo ed automazione comporta una riduzione dei consumi energetici.

La domotica, quindi, oltre ad automatizzare alcuni sistemi di controllo degli edifici, come antifurto e antincendio, consente di conseguire notevoli risparmi di energia elettrica, mediante opportuna gestione di alcune funzioni:

- riscaldamento;



- distribuzione acqua;
- ventilazione;
- climatizzazione;
- serrande e finestre;
- illuminazione;
- apparecchi domestici;
- allarme e funzioni di monitoraggio;
- gestione dell'energia.

AA. VV.

**Manuale illustrato per l'impianto domotico**

La mecatronica entra in casa.

Tecniche Nuove Ed., Milano, 2008.

S. Bellintani

**Manuale della domotica**

Il Sole 24 Ore Pirola, Milano, 2004.

M. Capolla

**Progettare la domotica**

Criteri e tecniche per la progettazione della casa intelligente.

Maggioli Editore, Rimini, 2007.

R. Harper

**Inside the Smart Home**

Springer, London, UK, 2003.

M. Piano

**Energie rinnovabili e domotica.**

Franco Angeli Editore, Milano, 2008.

G. G. Quaranta

**La domotica per l'efficienza energetica delle abitazioni**

Criteri di progettazione integrata - Installazione impianti - Esempi realizzativi  
- Risparmio energetico.

a cura del prof. A. Carotti del Politecnico di Milano.

Maggioli Editore, Rimini, 2009.

R. Rizzo

**La casa intelligente**

Risparmio, tecnologia, comfort.

Gruppo editoriale Muzzio, Monte San Pietro, (BO), 2007.

R. Rocco

**Domotica con KNX**

Editoriale Delfino, Milano, 2009.

G. Seip

**EIB: lo standard per la gestione e il controllo degli edifici**

Sicurezza, economicità, flessibilità e benessere.

Tecniche Nuove Ed., Milano, 2002.

**1.2.9 Archetipi bioclimatici**

La lettura del patrimonio edilizio storico e delle corrispondenti strutture abitative che caratterizzano una determinata area culturale, rivela l'utilizzo di antiche strategie bioclimatiche. I testi che si occupano di questa tematica sono di grande interesse sia perché è necessario riscoprire i fondamenti dell'architettura del passato (per comprendere come, all'interno delle tradizioni costruttive di diverse civiltà, vi sia sempre stata una grande coerenza tra costruire, necessità di sopravvivenza e corretto utilizzo delle risorse), sia per definire regole e criteri progettuali impostati su un'attenta lettura critica degli organismi insediativi esistenti, al fine di evitare continui errori nell'inserimento dei nuovi interventi edilizi. Intervenire sull'esistente significa anche apprendere dal passato, nel rispetto della tradizione costruttiva, utilizzando i materiali tradizionali con tecniche e tecnologie innovative ed i materiali innovativi con attenzione all'integrazione e compatibilità con quelli del passato.

C. Balocco F. Farneti G. Minutoli

**I sistemi di ventilazione naturale negli edifici storici**

Palazzo Pitti a Firenze e Palazzo Marchese a Palermo.

Alinea editrice, Firenze, 2009.

F. M. Butera

**Dalla caverna alla casa ecologica**

Storia del comfort e dell'energia.

Edizioni Ambiente srl, Milano, 2004.

P. Cascella, a cura di,

**Bioclimatica nell'antichità e al giorno d'oggi**

Chandra Editrice, Roma, 2008.

P. A. Cetica

**L'architettura dei muri intelligenti**

Angelo Pontecorboli Editore, Firenze, 2004.

P. M. Davoli

**Architettura senza impianti**

Aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale.

Alinea Editrice, Firenze, 1993.

A.C. Dell'Acqua V. Degli Esposti G. Mochi, a cura di,

**Linguaggio edilizio e sapere costruttivo**

Edicom Edizioni, Monfalcone (GO), 2008.

M. Lepore

**Caratteristiche energetico-ambientali delle corti**

Le corti di Ortigia.

Aracne Editrice, Roma, 2004.

## **2 Programmi europei di riqualificazione urbana e edilizia – Sitografia**

### **ALPCITY**

Local endogenous development and urban regeneration of small alpine towns (2003-2006)

INTERREG IIIB AlpineSpace Programme

<http://www.alpcity.it/>

Il progetto AlpCity ha origine dall'esigenza di approfondire la conoscenza e identificare strategie comuni sul tema dello sviluppo dei piccoli centri urbani dello Spazio Alpino, attraverso la condivisione di buone pratiche e di approcci virtuosi allo sviluppo sostenibile. Ha contribuito alla realizzazione di innovative best practises a livello locale attraverso l'implementazione di 20 casi studio, suddivisi in quattro tematiche di lavoro: sviluppo economico, servizi e qualità della vita, ambiente urbano e cooperazione tra città. L'obiettivo del caso studio "Abitare la montagna" è la definizione di strategie di riferimento, in chiave sostenibile, per la riqualificazione energetico ambientale dell'involucro degli edifici residenziali tradizionali dei centri urbani alpini delle valli piemontesi.

### **BRITA in PuBs**

Bringing Retrofit Innovation To Application In Public Buildings (2000-2006)

VI Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico

<http://www.brita-in-pubs.eu/>

Il progetto intende favorire l'introduzione sul mercato di soluzioni efficaci ed innovative per il retrofit degli edifici, migliorando l'efficienza energetica e incentivando l'impiego di energie rinnovabili, a costi addizionali contenuti, attraverso il retrofit esemplare di 9 edifici pubblici dimostrativi localizzati nelle quattro regioni europee che partecipano al progetto (nord, sud, centro ed est). Gli edifici pubblici oggetto della sperimentazione sono di diverso tipo (college, centri culturali, centri di assistenza, case per studenti, chiese, ecc.).

### **COST – European Cooperation in Science and Technology**

<http://www.cost.eu/>

#### **COST C16 – Transport and Urban Development Action**

Improving the quality of existing urban building envelopes (2003-2007)

<http://www.costc16.org/index.php>

Il progetto ha come obiettivo la riqualificazione, mediante l'utilizzo di tecnologie in grado di incrementare la qualità tecnologica ed architettonica, di involucri di edifici costruiti nel secondo dopoguerra (1960/80) nei paesi Europei COST.

### **COST TU0701 – Transport and Urban Development Action**

Improving the quality of Suburban building stock (2008-2012)

<http://costtu0701.unife.it/>

Il progetto si occupa della riqualificazione architettonica ed energetica delle periferie urbane non storicizzate.

### **Factor 4**

Program of actions towards Factor 4 in existing social housings in Europe (2006-2008)

Commissione Europea – Intelligent Energy Executive Agency

<http://www.suden.org/projets/Factor4/>

L'obiettivo è quello di aiutare gli operatori dell'alloggio sociale a definire strategie sostenibili di riqualificazione per l'insieme del patrimonio edilizio, integrando la riduzione dei consumi energetici con quello dei gas serra, attraverso l'elaborazione di uno specifico strumento di analisi economico-finanziaria.

### **FRESH**

Financing Energy Refurbishment for Social Housing

<http://www.fresh-project.eu/>

FRESH è un progetto di cooperazione europea per dimostrare come il contratto di performance energetica possa essere utilizzato nell'edilizia residenziale sociale per riqualificare su larga scala il patrimonio esistente. Nel progetto, gli operatori di edilizia residenziale sociale e le ESCo dalla Francia, dall'Inghilterra, dall'Italia e Bulgaria, propongono di applicare il contratto di performance energetica nell'edilizia residenziale pubblica. L'obiettivo è di aprire la strada a questo sistema e dimostrare che il CPE può essere utilizzato per interventi di riqualificazione su larga scala. Sono stati identificati quattro siti pilota.

### **GreenBuilding Programme**

Improved Energy Efficiency for Non-Residential Buildings (2005)

Commissione Europea – Intelligent Energy Executive Agency

<http://www.eu-greenbuilding.org/>

<http://www.eerg.it/greenbuilding/>

GreenBuilding è un programma della Commissione Europea iniziato, nel gennaio 2005, che mira al miglioramento dell'efficienza energetica e all'introduzione di fonti energetiche rinnovabili negli edifici non residenziali pubblici e privati e si

basa su un impegno volontario e gratuito intrapreso da ciascuna organizzazione, società o impresa partecipante. Nel sito è possibile consultare un database di best practise.

### HQE<sup>2</sup>R

Sustainable Renovation of Buildings for Sustainable Neighbourhoods (2001-2004)  
V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico  
<http://hqe2r.cstb.fr/default.asp>

Intende fornire un metodo per orientare i progetti di recupero urbano verso soluzioni ambientalmente sostenibili con l'obiettivo di:

- conservare e valorizzare il proprio patrimonio: preservare il patrimonio urbano ed ambientale, migliorare la gestione delle risorse – energia, acqua, suolo e materiali – sia negli spazi costruiti che nelle reti infrastrutturali;
- migliorare la qualità della vita e dell'ambiente: minimizzare i rifiuti e l'inquinamento acustico, migliorare la qualità dell'aria, salute e sicurezza, far crescere il livello di educazione;
- mantenere o rinforzare la diversità del quartiere: diversità di funzioni, di tipologia residenziale e di popolazione (anziani, giovani, bambini, ecc.);
- mantenere o rinforzare l'integrazione del quartiere: migliorare l'integrazione con gli altri spazi urbani, favorire l'accessibilità ai servizi, favorire la mobilità sostenibile;
- favorire la coesione sociale: rinforzare i legami sociali del quartiere e della città sostenendo e rinforzando le reti locali di solidarietà.

### NIRSEPES

New Integrated Renovation Strategy to Improve Energy Performance of Social Housing (2006-2008)  
Commissione Europea – Intelligent Energy Executive Agency  
<http://www.nirsepes.eu/index.php>

L'obiettivo generale del progetto è di sviluppare una strategia integrata per la riqualificazione energetica in Unione Europea del social housing, a livello locale. NIRSEPES project will achieve the objectives by:

- avviare un'analisi completa dei modelli di social housing in 4 regioni europee (Navarra, Regione di Atene, Sardegna and Nord Reno – Westfalia);
- considerare le soluzioni tecniche per la riqualificazione energetica di modelli considerando i costi effettivi e adattando gli schemi finanziari;
- istituire 4 forum locali per favorire la partecipazione, di tutti gli stakeholders rilevanti a livello locale, all'analisi comune delle principali barriere non tecnologiche e delle opportunità di recupero del social housing;
- sviluppare misure sociali di awareness building, education and training;
- la metodologia è validata da 8 progetti pilota di riqualificazione.

## RESCUE

Regeneration of European Sites in Cities and Urban Environments (2002-2005)  
V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico  
[http://www.rescue-europe.com/index\\_mf.html](http://www.rescue-europe.com/index_mf.html)

Il progetto di ricerca RESCUE ha definito gli obiettivi per un uso sostenibile dei siti brownfields che includono:

- la promozione di quelle funzioni d'uso del suolo che incontrano la domanda e i bisogni socio-economici dell'area di interesse;
- l'integrazione del riuso dei brownfields nel quadro dello sviluppo urbano generale;
- il raggiungimento dei benefici e la prevenzione degli impatti negativi per la comunità di riferimento;
- la creazione o la salvaguardia dello sviluppo economico ed occupazionale;
- la promozione di quelle funzioni d'uso del suolo che sono adeguate all'ambiente, naturale e costruito, del sito e dell'area;
- il risparmio di risorse;
- l'accessibilità ai servizi offerti;
- il raggiungimento di una elevata qualità progettuale;
- la creazione e il mantenimento della flessibilità dei progetti realizzati.

## RESHAPE

Retrofitting Social Housing and Active Preparation for EPBD (2006-2009)  
Commissione Europea – Intelligent Energy Executive Agency  
<http://www.reshape-social-housing.eu/index.html>

Il progetto intende contribuire all'attuazione della direttiva UE sul rendimento energetico degli edifici (EPBD) e comprende sei paesi pilota: Paesi Bassi, Belgio, Spagna, Estonia, Repubblica Ceca e Bulgaria. Attraverso attività di diffusione nell'area interessata il progetto sarà ampliato a Grecia e Romania.

RESHAPE cerca di contribuire alla messa a punto di EPBD attraverso:

- valutazione dell'integrazione della certificazione delle performance energetiche (EPC) nei processi operativi e nei servizi;
- valutazione e dimostrazione del valore aggiunto dell'EPC;
- sviluppo di strumenti di supporto;
- comunicazione dei risultati del progetto agli attori del social housing in modo di aumentare la loro consapevolezza e cambiare le loro attitudini attraverso soluzioni innovative per la riqualificazione edilizia.

## RESTATE

Restructuring Large-scale Housing Estates in European Cities: Good Practices and New Visions for Sustainable Neighbourhoods and Cities (2002-2005)  
V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico  
<http://www.restate.geog.uu.nl>



Il progetto si è occupato della valutazione e del confronto delle politiche di riqualificazione dei grandi complessi di edilizia residenziale pubblica promosse a livello locale in dieci paesi europei (Francia, Germania, Italia, Olanda, Polonia, Regno Unito, Ungheria, Slovenia, Spagna, Svezia). Le città indagate sono state 16 per un totale di 29 quartieri.

### REVIVAL

Retrofitting for Environmental Viability Improvement of Valued Architectural Landmarks

V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico

<http://www.revival-eu.net/>

L'obiettivo generale del progetto è dimostrare come un approccio olistico alla rifunzionalizzazione interna ed esterna degli uffici esistenti può permettere il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità ambientale ed efficienza energetica pur prevedendo alcune estensioni (quali appunto la serra, le scale e gli ascensori). Le principali proposte progettuali sono finalizzate alla miglior integrazione possibile degli aspetti energetici, ecologici e di sostenibilità nel disegno architettonico dei nuovi uffici.

### ROSH

Retrofitting of Social Housing (2006-2008)

Commissione Europea – Intelligent Energy Executive Agency

<http://www.rosh-project.eu/>

Il progetto sviluppa i concetti integrati di efficienza energetica e riqualificazione sostenibile di social housing in Bassa Sassonia (Germania), Styria (Austria), Dublino (Irlanda), Warmia-Mazuria (Polonia), Lombardia e Piemonte (Italia) e Bulgaria. Il principale meccanismo di divulgazione dei risultati è costituito sia da misure di diffusione, formazione e comunicazione, sia da strumenti e materiali di supporto. ROSH sviluppa anche linee guida sulla riqualificazione sostenibile e gli schemi di finanziamento. Queste azioni saranno verificate attraverso progetti dimostrativi.

### SUIT

Sustainable development of Urban historical areas through an active Integration within Towns (2000-2004)

V Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo Tecnologico

<http://www.lemma.ulg.ac.be/research/suit/>

Il progetto ha lo scopo di istituire una metodologia di valutazione ambientale flessibile e costante per intervenire nelle aree storiche con la conservazione attiva. Questa metodologia è progettata per aiutare le autorità locali a valutare l'appropriatezza di nuovi sviluppi urbani che promuoveranno l'uso sostenibile dell'eredità culturale urbana ed architettonica. La metodologia aiuterà anche a collegare le aree storiche esistenti ai requisiti socioeconomici.

Il progetto predispone una “Guida per la valutazione ambientale degli impatti” dei piani, programmi o progetti sui valori ereditati dalle aree storiche per contribuire alla loro sostenibilità a lungo termine.

### SSHORT

Sustainable Social Housing Refurbishment Technologies (2000-2003)

SAVE

<http://www.ist-world.org/ProjectDetails.aspx?ProjectId=01e5ff0032264378805f54bde0cf434c>

Il progetto ha l’obiettivo di aumentare l’uso razionale ed efficiente di energia nel recupero edilizio attraverso:

- associazione tra professionisti di settore, proprietari e abitanti per individuare le necessità e i requisiti comuni;
- analisi di soluzioni tecnologiche che garantiscono una riduzione di consumi energetici e l’uso di energia rinnovabile nel recupero edilizio;
- validazione di soluzioni attraverso progetti pilota di riqualificazione di social houses situate in tre diverse zone europee (Nord, Centro e Sud);
- promozione di soluzioni di sostenibilità energetica tra i professionisti dell’edilizia, i proprietari e gli abitanti;
- fornitura di strumenti professionali per supportare l’integrazione di soluzioni nei progetti di recupero e per scegliere le soluzioni più adeguate nelle riqualificazioni edilizie.

### SuRE-FIT

Sustainable Roof Extension Retrofit for High-rise Social Housing in Europe (2007-2008)

SAVE, Retrofitting of Social Housing; ALTERNER, Small-scale applications

<http://it.sure-fit.eu/>

Il progetto studia soluzioni e tecnologie innovative di retrofit, attraverso le addizioni volumetriche nelle coperture di edifici residenziali ad alta intensità abitativa.

Si propone di:

- consolidare le attuali tecnologie di avanguardia e migliori pratiche di sopraelevazione e sviluppare modelli procedurali e linee guida ad hoc per una maggiore implementazione di soluzioni innovative in Europa.
- diffondere conoscenza e promuovere l’applicazione dell’integrazione di installazioni RES su piccola scala, in particolare pannelli fotovoltaici, nell’ambito della sopraelevazione per edifici multipiano di edilizia abitativa sociale in Europa.

### SUREURO

Sustainable Refurbishment Europe (2000-2004)

Refurbishment of Post War Housing Areas

<http://www.newsureuro.org/>

Il progetto riguarda la ristrutturazione sostenibile degli alloggi del dopoguerra in Europa e sviluppa strumenti di gestione pratica per integrare il concetto di sviluppo sostenibile e far partecipare gli inquilini al processo; l'iniziativa prevede di ridurre il consumo globale di energia del 40% e definire linee guida applicative dei principi della sostenibilità alle ristrutturazioni.

### **SURBAN – database on sustainable urban development in Europe**

<http://www.eaue.de/winuwd/default.htm>

Questo database offre accesso ad informazioni particolareggiate su casi di buona pratica in sviluppo e riqualificazione urbani europei:

Aalborg - Danimarca

**Implementing a comprehensive environmental plan for sustainability**

<http://www.eaue.de/winuwd/108.htm>

Amsterdam - Paesi Bassi

**Ecological Urban Renewal at the Wilhelmina Hospital Grounds**

<http://www.eaue.de/winuwd/126.htm>

Arhus - Danimarca

**Demonstrating ways of meeting urban ecological renewal needs**

<http://www.eaue.de/winuwd/98.htm>

Berlin - Germania

**Ecological building renovation of a pre-fabricated housing complex**

<http://www.eaue.de/winuwd/90.htm>

Freiburg - Germania

**Sustainable Model City District Vauban**

<http://www.eaue.de/winuwd/178.htm>

Hannover - Germania

**Renovation of Multi-storey Flats, Rehbockstraße**

<http://www.eaue.de/winuwd/162.htm>

Madrid - Spagna

**Improving ecological urban development by naturation of large building surfaces**

<http://www.eaue.de/winuwd/97.htm>

Radomire - Bulgaria

**Energy efficiency in apartment buildings with individual heating**

<http://www.eaue.de/winuwd/153.htm>

Tallinn - Estonia

**Renovation of prefabricated buildings in Mustamäe district**

<http://www.eaue.de/winuwd/156.htm>

354

Turin – Italia

**Managing revitalisation in the historical city centre**

<http://www.eaue.de/winuwd/185.htm>

## ■ Autori

### Capitolo 1. Riqualificazione bioenergetica e ambientale dei sistemi insediativi. Obiettivi, strategie, modalità di intervento

autori:

#### Fabrizio Orlandi

Architetto, professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso la Prima Facoltà di Architettura "Ludovico Quaroni" dell'Università di Roma "Sapienza", è direttore del Dipartimento ITACA, e Membro del Collegio dei docenti del Dottorato di Ricerca in "Progettazione Ambientale". Autore della Parte Prima.

#### Carlo Brizioli

Architetto, dottore di ricerca in Progettazione Ambientale e assegnista di ricerca presso il Dipartimento ITACA. Autore della Parte Seconda.

---

*Dipartimento ITACA – IndustrialDesign, Tecnologie dell'Architettura e Cultura dell'Ambiente*  
*Università "La Sapienza" di Roma*

### Capitolo 2. Il controllo bioclimatico degli spazi aperti

autori:

#### Gianni Scudo

Ordinario di Tecnologie dell'Architettura presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano, direttore del Dipartimento BEST, direttore del Master di II Livello in Architettura Bioecologica e Tecnologie Sostenibili per l'ambiente.

#### Valentina Dessì

Dottore di ricerca in Innovazione Tecnica e Progetto nell'Architettura e ricercatore di ruolo a tempo indeterminato presso il Dipartimento BEST.

---

*Dipartimento BEST – Building Environment Science and Technology*  
*Dipartimento di Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito*  
*Politecnico di Milano*

### Capitolo 3. Potenzialità e prestazioni dell'organismo edilizio esistente

autore:

**Paola Gallo**

Architetto, ricercatore di ruolo a tempo indeterminato di Tecnologie dell'Architettura presso il Dipartimento TAeD, docente del Master di II° Livello in Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente. Segretario Scientifico del Centro Interuniversitario ABITA.

---

*Dipartimento TAeD – Tecnologie dell'Architettura e Design “Pierluigi Spadolini”  
Università degli Studi di Firenze*

### Capitolo 4. Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici

autore:

**Giuseppina Alcamo**

Ingegnere, dottoranda di ricerca in Tecnologie dell'Architettura presso il Dipartimento TAeD, docente del Master di II Livello in Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'Ambiente.

---

*Dipartimento TAeD – Tecnologie dell'Architettura e Design “Pierluigi Spadolini”  
Università degli Studi di Firenze*

### Capitolo 5. Recupero, nuove costruzioni e risparmio energetico. Raccolta di casi studio

autore:

**Lucia Ceccherini Nelli**

Architetto, ricercatore a tempo definito in Tecnologie dell'Architettura presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze, docente del Master di II Livello in Architettura Bioecologica e Innovazione Tecnologica per l'ambiente.

---

*Dipartimento TAeD – Tecnologie dell'Architettura e Design “Pierluigi Spadolini”  
Università degli Studi di Firenze*



## Appendice. La riqualificazione bioclimatica degli edifici attraverso l'uso del building information modeling

autore:

**Roberta Montalbini**

Architetto, assegnista di ricerca presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze, dottoranda di ricerca in Tecnologie dell'Architettura presso il Dipartimento TAeD, collabora con il Centro Interuniversitario ABITA – sede di Firenze.

---

*Dipartimento TAeD – Tecnologie dell'Architettura e Design “Pierluigi Spadolini”*  
Università degli Studi di Firenze

### Bibliografia ragionata

a cura di:

**Roberta Montalbini**



## ■ Indice

■	<b>Prefazione .....</b>	<b>Pag. 3</b>
■	<b>Introduzione .....</b>	<b>» 7</b>
■ 1	<b>Riqualificazione bioenergetica e ambientale dei sistemi insediativi. Obiettivi, strategie, modalità di intervento .....</b>	<b>» 11</b>
1.1	L'approccio concettuale e gli scenari del progetto sostenibile .....	» 11
1.2	Recupero e riqualificazione a livello insediativo/urbano ..	» 16
1.3	Centralità della questione energetica .....	» 18
1.4	L'evoluzione del quadro normativo, tra vincoli e opportunità .....	» 20
1.5	Gli obiettivi generali di riqualificazione energetica ed ambientale .....	» 24
1.6	La metodologia operativa nel recupero bioenergetico a livello di organismo edilizio o urbano (sistemi insediativi). Strategie, vincoli, opportunità .....	» 26
1.6.1	Gli ambiti di indagine e di intervento – Strutturazione Sistemica .....	» 26
1.6.2	Articolazione metodologica e tecnico-operative degli interventi .....	» 28
1.7	Le linee guida strategiche per il recupero bioenergetico ed ambientale di edifici e quartieri .....	» 37
1.8	Variabili, problematiche e opportunità nel recupero bioenergetico dell'esistente .....	» 41
1.9	Conclusioni .....	» 44
■ 2	<b>Il controllo bioclimatico degli spazi aperti .....</b>	<b>» 49</b>
2.1	La progettazione ambientale degli spazi urbani .....	» 49
2.2	Categorie di spazi urbani .....	» 53
2.3	Il controllo del microclima negli spazi aperti .....	» 58
2.3.1	Morfologia .....	» 59
2.3.2	I materiali .....	» 64
2.3.3	L'acqua .....	» 66
2.3.4	La vegetazione .....	» 67
2.4	Strumenti per la valutazione del campo radiante .....	» 74

### ■ 3 Potenzialità e prestazioni dell'organismo edilizio esistente **Pag. 85**

3.1	L'intervento di riqualificazione in una prospettiva di sostenibilità ambientale .....	»	85
3.1.1	Gli obiettivi del recupero .....	»	87
3.1.2	L'involucro edilizio .....	»	94
3.1.3	Evoluzione delle prestazioni energetiche dell'involucro architettonico .....	»	95
3.1.4	Interventi sull'involucro .....	»	103
3.2	La captazione solare .....	»	110
3.2.1	I collettori solari .....	»	112
3.2.2	Le serre .....	»	114
3.2.3	Il fotovoltaico .....	»	117
3.2.4	Nuovi rivestimenti: l'isolamento trasparente mediante i TIM (Transparent Insulation material) .....	»	122
3.3	Il raffrescamento passivo .....	»	125
3.3.1	L'ombreggiamento: i sistemi di schermatura .....	»	131
3.4	La ventilazione .....	»	138
3.4.1	Posizionamento delle aperture .....	»	140
3.4.2	Tipo di aperture .....	»	141
3.4.3	Posizionamento delle aperture .....	»	141
3.4.4	La distribuzione interna degli spazi .....	»	142
3.4.5	Gli aggetti .....	»	143
3.4.6	La ventilazione notturna .....	»	143
3.4.7	I ventilatori a soffitto .....	»	143
3.5	L'illuminazione naturale .....	»	144
3.5.1	Le superfici vetrate: semplici accorgimenti progettuali .....	»	146
3.5.2	La mensola riflettente (light shelf) .....	»	148
3.5.3	Il condotto solare .....	»	149
3.5.4	I lucernari .....	»	150

### ■ 4 Strumenti e tecniche per il progetto e la valutazione dell'efficienza energetica degli edifici ..... » 153

4.1	Progetto e valutazione dell'efficienza energetica degli edifici .....	»	153
4.2	Un panorama dei programmi per la progettazione e la valutazione energetica degli edifici.....	»	157

### ■ 5 Recupero, nuove costruzioni e risparmio energetico. Raccolta di casi studio ..... » 169

5.1	Progettazione partecipata .....	»	171
5.2	Materiali e tecnologie .....	»	173

5.3	Nuove componenti tecnologiche .....	Pag. 174
5.4	Alcuni casi studio in Europa .....	» 177
■	<b>Appendice – La riqualificazione bioclimatica degli edifici attraverso l'uso del building information modeling .....</b>	<b>» 273</b>
■	<b>Bibliografia essenziale .....</b>	<b>» 307</b>
■	<b>Bibliografia ragionata .....</b>	<b>» 311</b>
■	<b>Autori .....</b>	<b>» 355</b>







## Novità

S. Omodeo Salé

AS100

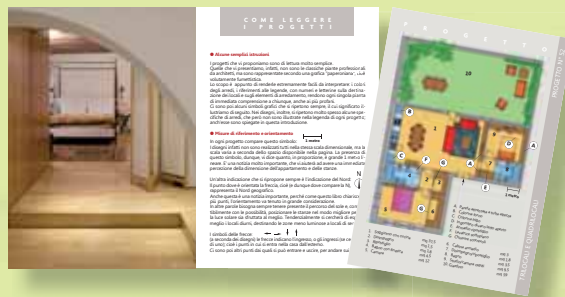
**Easy Architect - 100 progetti**

Rinnovare - Arredare - Ecoabitare

pp. 400, € 39,00 • ISBN 978-88-513-0573-4 • 2009

Easy architect è un “bio-architetto tascabile” che risponde ad un innumerevole quantitativo di domande.

Con l'aiuto di oltre cento esempi di progetti di ristrutturazione, con soluzioni volte all'uso più funzionale dello spazio, troverete tantissime risposte in merito a come ristrutturare, arredare, scegliere i materiali e gli impianti più sani ed ecologici.



## Novità

M. Nieri

AS101

**Bioenergetic Landscape**

La progettazione del giardino terapeutico bioenergetico

pp. 256, € 32,00 • ISBN 978-88-513-0576-5 • 2009



La relazione uomo-natura e la convinzione che il contatto con le piante abbia un effetto positivo sulla salute fisica e mentale dell'uomo ha sempre suscitato grande interesse fin dall'antichità. Di questo è convinto anche Marco Nieri, ecodesigner, che partendo da un attento studio dell'elettromagnetismo vegetale, è arrivato alla realizzazione del Bioenergetic Landscape, una tecnica che consente di ottenere il massimo beneficio dalle emissioni elettromagnetiche delle piante. Sono numerose le ricerche nell'ambito della psicologia e della psicofisiologia che dimostrano come l'esposizione agli ambienti naturali in generale, e ai giardini terapeutici in particolare, consenta il recupero dalla fatica attentionale e dallo stress psicofisiologico.

Nel giardino realizzato con il metodo del Bioenergetic Landscape è possibile massimizzare i benefici che si ottengono dal contatto con le piante collocate in specifiche posizioni dopo precisi rilevamenti.

# Architettura sostenibile



pp. 160, € 18,00  
ISBN 978-88-513-0590-1  
2009

Novità

AS102

L. Colombo

## Risorse rinnovabili

Guida tecnica

Il volume illustra le possibilità che le nuove tecnologie e il corretto modo di pensare al rapporto tra uomo e ambiente mettono a disposizione.

Con un linguaggio chiaro e snello, le sezioni sono strutturate in interviste ad esperti riguardanti le singole risorse: solare termico, fotovoltaico, termodinamico, biomasse (legna da ardere, biogas, biocombustibili liquidi, rifiuti organici e alghe), geotermico, acqua, vento. Viene anche trattata la cogenerazione.

Per ogni categoria di energia rinnovabile si espongono il funzionamento, i vantaggi e gli svantaggi. Non manca un richiamo al tema del risparmio energetico e infine sono presentate le ipotesi d'investimento per diverse situazioni, dall'abitazione all'azienda, dalla piscina all'agriturismo, per mostrare soluzioni diverse replicabili anche in altri contesti.



pp. 352, € 40,00  
ISBN 978-88-513-0626-7  
2010

Novità

AS104

Associates III (K. Fortez, A. Stelmack, D. Mindman)

## Progettare interni sostenibili

Criteri di scelta per la progettazione

Una guida ai prodotti e ai materiali utili per garantire nelle abitazioni la salubrità dell'aria e il risparmio delle risorse, come la corretta gestione dei rifiuti di cantiere. Ai fini pratici, sono offerte preziose indicazioni sulle caratteristiche dei prodotti da utilizzare, in particolare nel capitolo 4 viene posta una serie di interrogativi e check-list fondamentali per effettuare le proprie scelte. I capitoli si susseguono in maniera snella, suddivisi per argomenti, sempre tenendo a mente che l'intento è quello di ottenere una casa all'insegna del benessere.

Ricco di esempi e informazioni dettagliate, questo testo è uno strumento pratico per integrare la progettazione eco-responsabile con scelte che possano risultare di migliore qualità, prestazione e durata rispetto alle corrispettive convenzionali.

Gli argomenti trattati nello specifico sono:

- risorse durevoli, prestanti, di ridotta manutenzione (calcestruzzo, muratura, metallo, legno);
- rivestimenti e pitture;
- finiture;
- arredamento.



AS105

Novità

AA.VV.

**Interni biosostenibili: spazi commerciali, uffici, servizi**

Criteri di scelta per la progettazione di aree lavorative - Guida ai prodotti e ai materiali

pp. 300, € 36,00 • ISBN 978-88-513-0649-6 • 2010 • Edizione italiana a cura di A. Berto

Una crescente sensibilità nei riguardi di problemi come il riscaldamento globale, la carenza di acqua, lo smaltimento dei rifiuti ha promosso la ricerca di soluzioni alternative alle questioni riguardanti l'edilizia. Quando il design integrato, parola chiave nell'ambito della progettazione di ambienti interni, si affianca alla sostenibilità si riesce a valutare il ciclo di vita dei prodotti, a scegliere i materiali perché ne si conoscono le caratteristiche, senza spreco di risorse.

Questo volume, in particolare, si occupa della qualità dello spazio interno negli ambienti di lavoro, siano essi uffici, spazi commerciali, ambulatori, servizi terziari, scuole. Sono suggerite strategie per ridurre il consumo dell'acqua, ottimizzare il consumo energetico, progettare impianti di riscaldamento e raffrescamento salubri, sfruttare la luce solare in maniera efficiente, con pratici esempi dettagliati e applicazioni concrete descritte all'interno di 19 progetti realizzati.



AS200

Novità

M. Corrado

**La Pianta e l'architetto**

pp. 288, € 30,00 • ISBN 978-88-513-0645-8 • 2010

Tutto quello che dovete sapere sulle piante e non avete mai osato chiedere.

La TOP TEN delle piante, ambiente per ambiente: le dieci piante ideali per ogni zona della casa, dell'ufficio, degli ambienti urbani e non, con relativa scheda botanica con caratteristiche, pro e contro. 26 ambienti diversi risolti.

Le piante dal punto di vista dell'architetto: le cose fondamentali da sapere quando si progetta con il verde.

Esempi concreti in giro per il mondo: come i progettisti hanno integrato mondo vegetale e architettura.

Oltre quaranta realizzazioni di verde pensile, verde verticale, biopi-scine, giardini terapeutici con riferimenti all'arte e alla letteratura.

Come purificare l'aria con le piante.

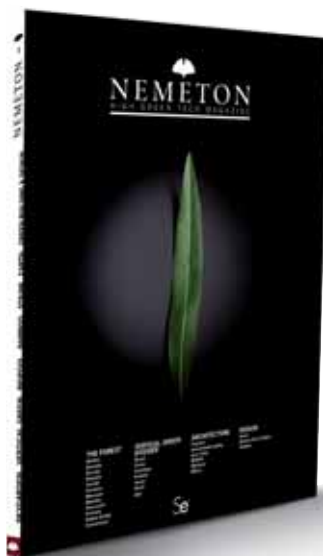
I segreti dei giardini terapeutici.





# NEMETON

## HIGH GREEN TECH MAGAZINE



Nemeton è un semestrale dedicato alle alte tecnologie per il verde: giardini pensili, verde verticale, biopi-scine, costruzioni in bambù, paglia, terra cruda e quelle opere in cui i saperi dell'architetto e quelli dell'agronomo si fondono

Contact & Subscription  
+39 0270602671  
redazione@nemetonmagazine.net  
www.nemetonmagazine.net



Questo volume, provvisto del taloncino a fronte,  
è da considerarsi copia fuori commercio  
come da normativa vigente, mentre il suo numero  
costituisce prova d'acquisto.

**sistemi editoriali**  
**AS1**  
2010